

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Южно-Уральский государственный университет (национальный исследовательский университет)»  
ФГАОУ ВО «ЮУрГУ (НИУ)»  
Архитектурно-строительный институт  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой СПТС,  
к.т.н., доцент  
\_\_\_\_\_ Г.А. Пикус  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Сравнительный анализ влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при различной теплоизоляции фасадов

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР

Нормоконтролер,  
к.т.н.

\_\_\_\_\_ / А.Е. Русанов  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Руководитель работы,  
к.т.н.

\_\_\_\_\_ / А.Е. Русанов  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Антиплагиат:  
Оригинальность - \_\_\_\_\_%

\_\_\_\_\_ / А.Е. Русанов  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
Студент группы АСИЗ-393

\_\_\_\_\_ / Е.Е. Бродская  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

## АННОТАЦИЯ

Бродская Е.Е. Сравнительный анализ влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при различной теплоизоляции фасадов.

– Челябинск: ЮУрГУ, АСИз; 2019, 134 с., 122 ил., библиогр. список – 92 наим.

В НИР проведен сравнительный анализ влияния дефектов линейных элементов в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности конструкции в зоне примыкания светопрозрачных конструкций.

Подтверждена достоверность полученных результатов посредством замеров на экспериментальном имитационном стенде и компьютерного моделирования. Сделаны выводы в соответствии с полученными результатами применительно к особенностям реального строительства.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>				
<i>Зав. каф.</i>	<i>Пикус</i>				Сравнительный анализ влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при различной теплоизоляции фасадов.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Руководит.</i>	<i>Русанов</i>						5	134
<i>Н. контр.</i>	<i>Русанов</i>					ЮУрГУ		
<i>Разработал</i>	<i>Бродская</i>							

## Оглавление

Введение .....	7
1 Состояние вопроса по теме.....	10
1.1 Обзор нормативно-правовых документов, регулирующих энергосбережение в строительстве. ....	10
1.2 Витражное остекление: понятие, сфера применения, виды, элементы, достоинства и недостатки .....	14
1.3 Технология производства работ по устройству витражей фасадов.....	17
1.4 Оценка качества устройства светопрозрачных конструкций по параметрам энергосбережения .....	23
1.5 Анализ известных исследований в области теплопотерь через оконные откосы.....	27
1.6 Дефекты, влияющие на теплопередачу через узел оконного откоса.....	33
2 Методика исследования, применяемое оборудование .....	34
3 Исследование влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне примыкания светопрозрачных конструкций на параметры энергоэффективности гражданских зданий .....	40
3.1 Методика экспериментального исследования влияния дефектов фрагмента стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций.....	40
3.2 Методика исследования влияния дефектов фрагмента стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций с помощью программы «ELCUT».....	60
3.3 Сравнительный анализ результатов исследования.....	79
4 Организационно-технологические решения устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций .....	88
4.1 Анализ экономической эффективности .....	88
4.2 Разработка практических рекомендаций .....	103
Заключение.....	104
Библиографический список.....	105
ПРИЛОЖЕНИЯ .....	112

## Введение

### Актуальность работы

Необходимым направлением экономии тепловой энергии является снижение расхода тепла на обогрев зданий и сооружений. По прогнозам специалистов мировое энергопотребление ежегодно будет возрастать на 3% [1], поэтому проблема экономии энергоресурсов, и, в первую очередь невозобновляемых, становится все более актуальной.

В 2009 году был принят Федеральный закон № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г. «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности» [2]. Его принятие повлекло изменения в базовом законе системы нормативного регулирования — Федеральном законе № 184-ФЗ «О техническом регулировании», а следом был принят технический регламент «О безопасности зданий и сооружений» (Федеральный закон № 384-ФЗ) [3].

Новый закон об энергосбережении учитывает ряд требований, препятствующих неэффективному расходованию энергии и нормирующий:

- Удельный расход энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении.
- Требования к влияющим на энергоэффективность функционально-технологическим, конструктивным и инженерно-техническим решениям.
- Требования к отдельным элементам, конструкциям, материалам и технологиям.
- Требования к технологиям, предусмотренным проектной документацией, позволяющим устранить нерациональный расход энергоресурсов в процессе строительства, реконструкции, капитального ремонта и эксплуатации [4].

Известно, что около 50% тепловых потерь в здании происходит через светопрозрачные ограждающие конструкции [5].

Энергоэффективные светопрозрачные ограждающие конструкции – это конструкции, предназначенные для обеспечения необходимой естественной освещенности помещений, энергетической эффективности и визуального контакта с окружающей средой.

Сегодня на рынке светопрозрачных материалов и конструкций существует ряд их разновидностей, которые целесообразно сгруппировать следующим образом:

- окна и остекленные двери (входные и балконные);
- витражи и витрины;
- остекленные стены фасадов;
- элементы остекления крыш (фонари и наклонные остекленные поверхности).

Данная работа является заключительной для целого ряда исследований по изучению дефектов, влияющих на теплопотери через наружные ограждающие

конструкции при устройстве светопрозрачных конструкций, а именно витражей, пользующихся все большей популярностью в последние годы.

Витражи активно применяются при реконструкции и строительстве жилых, общественных и промышленных зданий, позволяя охватить большую площадь остекления и увеличивая коэффициент естественной освещенности.

Применение современных энергосберегающих стекол и профилей позволяют повысить теплозащитные и эксплуатационные свойства стенового ограждения в целом. Однако многие факторы устройства светопрозрачных конструкций и дефекты, возникающие при нарушении технологии монтажа, приводят к увеличению дополнительных потерь теплоты через краевые зоны и понижению приведенного сопротивления теплопередаче.

#### Цель работы:

Исследование влияния дефектов в зоне примыкания светопрозрачной конструкции - витража к ограждающим конструкциям, обоснование полученных результатов и рекомендаций для обеспечения повышения теплозащитных свойств ограждающих конструкций.

#### Задачи исследования:

1. Анализ теории и практики в области энергосбережения в строительстве, включая контроль параметров теплозащиты и энергоэффективности стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций;

2. Анализ нарушений технологии устройства витражей с определением основных дефектов и оценка влияния дефектов на уровень теплозащиты стеновых ограждающих конструкций гражданских зданий с помощью компьютерного моделирования;

3. Экспериментальное определение влияния дефектов устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций на параметры энергоэффективности зданий;

4. Анализ результатов лабораторных экспериментов при разных видах утеплителя;

5. Разработка организационно-технологических решений устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций, направленных на повышение энергетической эффективности гражданских зданий;

6. Анализ экономического эффекта в зависимости от конкретного дефекта и утеплителя применительно к устройству стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций.

7. Обоснование эффективности разработанных организационно-технологических решений устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций.

Объект исследования – технологические процессы устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций;

Предмет исследования – дефекты, влияющие на параметры энергоэффективности стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций; влияние видов и толщины утеплителя на удельные линейные

теплопотери; оценка качества устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Исследованы вероятные дефекты в зоне примыкания светопрозрачных конструкций, влияющие на параметры энергоэффективности стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций;

2. Проведен сравнительный анализ влияния разных видов теплоизоляционного материала на параметры энергоэффективности стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций;

3. Разработаны организационно-технологические решения по контролю качества устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций и повышению показателей энергоэффективности.

Практическая ценность работы заключается в:

- изучении вероятных дефектов, влияющих на тепловые потери через узел оконного откоса;

- новых экспериментальных данных по влиянию дефектов на тепловые потери через узел оконного откоса;

- вариантах содействия в разработке технического регламента по контролю качества монтажа ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

## 1 Состояние вопроса по теме

### 1.1 Обзор нормативно-правовых документов, регулирующих энергосбережение в строительстве.

Энергоэффективность - эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов, достижение экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды.

Энергосбережение (экономия энергии) - реализация правовых, организационных, научных, производственных, технических и экономических мер, направленных на эффективное (рациональное) использование (и экономное расходование) ТЭР и на вовлечение в хозяйственный оборот возобновляемых источников [6].

Интерпретируя эти понятия, энергосбережение следует определять как комплекс мер или действий, предпринимаемых для обеспечения более эффективного использования энергетических ресурсов. В свою очередь энергоэффективность - это отношение фактического значения показателя использования энергетических ресурсов к теоретически достижимому. Следовательно, энергоэффективность - это измеряемая величина, позволяющая оценить результат процесса, а энергосбережение - это деятельность по достижению энергоэффективности.

Россия располагает одним из самых больших в мире технических потенциалов энергосбережения и повышения энергетической эффективности, который составляет более 40 % уровня потребления энергии. Для ее экономики характерна высокая энергоемкость - в настоящее время она в 2,5 раза выше среднемирового уровня и в 3,0 - 3,5 раза выше, чем в развитых странах.

Энергосбережение и повышение энергетической эффективности следует рассматривать как один из основных источников будущего экономического роста. Их приоритетные направления изложены в Государственной программе Российской Федерации «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года», утвержденной распоряжением Правительства Российской Федерации от 27 декабря 2010 г. № 2446-р [7]. Долгосрочный характер решения проблемы энергосбережения и повышения энергетической эффективности обусловлен необходимостью как изменения системы отношений на рынках энергоносителей, так и замены и модернизации значительной части производственной, инженерной и социальной инфраструктуры и ее развития на новой технологической базе [8].

Развитие нормативной базы в области энергосбережения в нашей стране можно разделить на пять этапов [9]:

1) 1992-1994 гг. – разработка энергетического принципа нормирования. Основа – поэлементный метод. Установка минимально допустимых сопротивлений теплопередаче элементов ограждающих конструкций. Несоответствие нормируемого уровня теплозащиты зданий требованиям энергоэффективности;

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10

2) 1994-1998 гг. – разработка модели энергетических норм и энергопаспорта здания. Первый шаг в интеграцию в нормирование энергетического подхода. Оценка теплоизоляции по совокупности ограждающих конструкций здания. Разработка ГОСТ 30494 [10];

3) 1998-1999 гг. – цель – достижение эксплуатационных параметров. Разработка принципиальных направлений новых норм: обеспечение уровня теплового комфорта, повышение энергоэффективности здания. Тем не менее, нормирование по удельному расходу тепла, полагаемое, как конечная цель, не было представлено. Создание первых ТСН;

4) 1999-2003 гг. – разработка НИИСФ стандартов по энергоаудиту зданий. Утверждение Госстроем нового СНиП 23-02-2003 [11] взамен СНиП П-3-79 [12] и нового СП 23-101 -2004 [13];

5) 2003-2012 гг. – определение энергетической эффективности одним из приоритетных направлений обеспечения безопасности зданий; утверждение Программы энергоэффективного пути развития экономики РФ, а так же снижение ВВП на 40 % до 2020 г.; утверждение СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» [14].

На сегодняшний день имеется в достаточной степени сформированная законодательная и нормативно-правовая база для системной работы и решения проблем в области повышения энергетической эффективности зданий, развитие которой началось с Указа Президента РФ от 4 июня 2008 года № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики» [15]. Принятый 23 ноября 2009 года Федеральный закон № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2] чётко обозначил правовое регулирование в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

В конце декабря 2009 года был принят Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» [3], установивший энергетическую эффективность зданий, как одно из требований безопасности. Дополнительно утвержден распоряжением Правительства РФ от 26 декабря 2014 года N 1521 перечень национальных стандартов и сводов правил [16] (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

Согласно статье 42 Федерального закона от 30 декабря 2009 года № 384-ФЗ [3] строительные нормы и правила, признанные в соответствии с Федеральным законом сводами правил проходят актуализацию. Приказом Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 июня 2012 года № 265 утверждён СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003» [17]. Однако на переходный период до включения его в вышеуказанный перечень обязательных национальных стандартов и сводов правил он имеет статус добровольного применения.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11



Нормативные правовые акты Российской Федерации, принятые для реализации ФЗ №261 [2], устанавливают требования энергетической эффективности, в результате применения которых должны быть созданы условия, исключающие нерациональный расход энергетических ресурсов в процессе эксплуатации зданий. Так помимо обязательных требований с 1 января 2013 года должны применяться дополнительные требования по интеграции в энергетический баланс зданий нетрадиционных источников энергии и вторичных энергетических ресурсов.

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации №18 от 25 января 2011 года [18] требования энергетической эффективности должны предусматривать уменьшение показателей, характеризующих годовую удельную величину расхода энергетических ресурсов, не реже 1 раза в 5 лет: с января 2011 года (на период 2011 -2015 годов) – не менее чем на 15 процентов по отношению к базовому уровню, с 1 января 2016 года (на период 2016-2020 годов) – не менее чем на 30 процентов по отношению к базовому уровню и с 1 января 2020 года – не менее чем на 40 процентов по отношению к базовому уровню, установленному СНиП 23-02-2003 [13]. За базовый принят уровень энергопотребления 2007г.

Основными факторами, влияющими на повышенные удельные расходы энергоресурсов при строительстве и эксплуатации зданий, являются:

- недостатки архитектурно-планировочных и инженерных решений;
- неудовлетворительное качество стеновых ограждающих конструкций в обеспечении необходимого уровня теплозащиты;
- несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции;
- низкое качество строительных работ по устройству наружных ограждающих конструкций;
- отсутствие приборов учета, контроля и регулирования на системах отопления и горячего водоснабжения;
- низкое качество теплоизоляции теплотрасс;
- устаревшие и непроизводительные типы котельного оборудования;
- недостаточное использование нетрадиционных и вторичных источников энергии;
- недостаточное экономическое стимулирование энергосберегающих мероприятий;
- отсутствие широкого внедрения научно-методических разработок по повышению энергетической эффективности зданий.

В настоящее время происходит постепенное внедрение компьютерных программ по моделированию уровня теплозащиты наружных ограждающих конструкций зданий при различных вариантах проектных решений.

В целом же можно выделить три основных направления развития повышения энергоэффективности зданий:

- 1) совершенствование архитектурно-планировочных решений;
- 2) совершенствование наружных ограждающих конструкций;
- 3) совершенствование инженерных систем.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

На данном этапе развития технического регулирования в области энергосбережения в строительстве необходима качественная разработка новых национальных стандартов, сводов правил и стандартов организаций, позволяющих эффективно реализовывать требования современной законодательной и нормативной правовой базы.

Наиболее перспективным направлением повышения энергетической эффективности зданий является совершенствование организационно-технологических решений устройства наружных ограждающих конструкций гражданских зданий. Для этого необходимым является выполнение следующих условий: обеспечение требований нормативной документации и технических регламентов в области повышения энергоэффективности; повышение уровня качества строительно-монтажных работ; определение реальных теплозащитных характеристик строящихся, эксплуатируемых и реконструируемых зданий.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		13

## **1.2 Витражное остекление: понятие, сфера применения, виды, элементы, достоинства и недостатки**

Витражное остекление – светопрозрачная конструкция, представляющая собой самонесущие каркасы, изготовленные из профилей различной конфигурации, в которых используется стекло, стеклопакет или триплекс [19].

Самым актуальным материалом, из которого изготавливают профили витражных систем, является алюминий. Набор технических показателей, которые отличают алюминиевый каркас от других крепежных фасадных систем [20]:

1. Долговечность. Он не ржавеет, не подвержен коррозионным процессам. Обладает минимальной пористостью, высокой стойкостью к большинству химических веществ, которые можно встретить в воде, снеге или воздухе, не впитывает влагу, не разрушается под действием ультрафиолетовых лучей. Срок эксплуатации алюминиевых фасадных систем до 90 лет.

2. Оптимальное соотношение вес – прочность: чуть тяжелее пластикового профиля, но не сопоставим с ним по пределу прочности на изгиб. Он легче стального, но не уступает ему по жесткости.

3. Безопасен для организма человека. Фасадное остекление из алюминиевого профиля не выделяет вредных веществ даже при сильном нагреве - не вносит изменения в микроклимат внутренних помещений.

4. Не пропускает электромагнитные волны, которыми пронизано всё городское пространство.

5. Не требует дополнительного ухода, кроме мытья фасада один или два раза в год.

6. Декоративные алюминиевые крышки можно окрасить в любой цвет по системе RAL. Окрашенная поверхность практически не выгорает. Профиль легко заменить, используя капотосъемник для фасадного остекления (Рисунок А.1, Рисунок А.2).

7. Возможность создавать округлые по форме фасады.

### **Сфера применения витражей [21]:**

1. Зимние сады, оранжереи, теплицы. За счет высоких показателей энергоэффективности уменьшают потери на поддержание благоприятной температуры. Большая площадь стекла обеспечивает максимальную естественную освещенность (Рисунок Б.1).

2. Витрины, окна, двери, перегородки. Теперь уже широко используемые традиционные конструкции, устанавливаются в зданиях различного назначения: жилых, промышленных, торговых, государственных и т. д. (Рисунок Б.2).

3. Атриумы. Недавно используемый архитектурный элемент современного строительства. Атриум – внутреннее пространство дома округлой формы, выходы нескольких этажей примыкают к ней. Устанавливаются в престижных коттеджах, торговых залах и т. д. (Рисунок Б.3).

4. Зенитные прозрачные фонари. Дополнительное освещение здания естественным светом. Монтируются как часть крыши, имеют различную форму и

полезную площадь. Рассчитаны на существенные ветровые и снеговые нагрузки (Рисунок Б.4).

5. Фасадное остекление. Конструкции состоят из опорных вертикальных стоек, к которым закреплены горизонтальные ригели, стеклопакеты вставлены снаружи в технологические выемки опорных пластин (Рисунок А.5, Рисунок Б.6).

#### **Виды витражного остекления [20; 22]:**

- **Стойечно-ригельный.** Состоит из опорной стойки и ригелей со специальными пазами, обеспечивающими постоянную вентиляцию и отвод конденсата в системе. Каркас крепится с внутренней стороны, а светопрозрачные элементы фиксируются прижимным профилем. Для создания более привлекательного внешнего вида применяются специальные декоративные накладки разной формы. Этот тип конструкции является наиболее актуальным ввиду оптимального соотношения функциональности и цены (Рисунок Г.1).

- **Структурный.** Принцип использования предполагает крепление стеклопакетов к каркасной опоре посредством специального клеящего состава. Такой подход обеспечивает презентабельный вид фасада без внешних швов, надежную шумо- и термоизоляцию, а также повышенную стойкость к статическим нагрузкам (Рисунок Г.2).

- **Полуструктурный.** Конструкция отличается наличием специальных накладок-штапиков на горизонтальных или вертикальных стойках (Рисунок Г.3).

- **Спайдерный, или планарный.** Светопрозрачные элементы крепятся точечным способом с помощью специальных паукообразных кронштейнов, от которых метод и получил название. Щели между соединениями заполняются силиконовым уплотнителем. Такой тип конструкции является самым интересным с позиции дизайна, но и самым дорогостоящим (Рисунок Г.4).

- **Навесной фасад или фальш – витраж.** Применяется в большей части для маскировки дефектов стен. Здесь используется лишь декоративная конструкция, окружающая фасад.

- **Модульное остекление.** Сборку таких конструкций осуществляют на производстве, поэтому на объект доставляют готовые к монтажу блоки. Высота данных элементов четко соответствует расстоянию между перекрытиями: это значительно ускоряет процесс устройства фасадов (Рисунок Б.6) [23].

Основные элементы витражных светопрозрачных **конструкций** [21]: несущие элементы (горизонтальные – ригели, вертикальные – стойки), в качестве прозрачного заполнения применяют стекло либо стеклопакет, снаружи стеклопакеты фиксируются прижимными планками с декоративными крышками, за утепление отвечают термовставка и резиновые уплотнители.

Достоинства витражного остекления [19]:

- Экономичность. Быстрый, не требующий больших затрат монтаж. Экономия средств на освещение.
- Долговечность. Срок эксплуатации алюминия около 90 лет, столько же может выдержать триплекс и другие виды стекла. Конструкция не подвержена коррозии или выветриванию.
- Прочность. Чаще всего используется толстый триплекс, который с легкостью выдерживает удар весом в 70-80 кг. Во всех видах витражного остекления можно использовать антивандальное или бронированное стекло.
- Высокая светопрозрачность.
- Легкость и простота в ремонте. Чтобы заменить разбитое стекло или отдельный элемент, нет необходимости демонтировать всю систему.
- Экологическая безопасность. Все витражные системы не содержат каких-либо вредных примесей, безопасны как для окружающей среды.
- Высокие теплоизоляционные свойства. «Теплая» конструкция витражного фасада защищает как от мороза снаружи, так и от потери тепла изнутри здания.
- Высокие звукоизоляционные свойства. Благодаря абсолютной герметичности большинства видов фасадов.
- Пожарная безопасность. Стекло и алюминий, которые являются наиболее распространенными материалами при установке таких систем, выдерживают высокие температуры, не горят и не дышат.
- Легкость и гибкость. Витражи могут быть установлены на ветхие или реконструированные здания. Такой фасад обладает высокой гибкостью, но при этом легко выдерживает собственный вес.
- Многообразие конструкций. Фасады зданий могут приобрести любую форму, в том числе и сложную. Они могут быть плоскими или объемными, и не ограничены архитектурными рамками.
- Многообразие цветовых исполнений. Стекланные панели фасада могут быть прозрачными или матовыми, тонированными или витражными, одноцветными или многоцветными. Профиль отлично ламинируется и окрашивается методом порошковой покраски в более чем 400 оттенков.

Недостатки витражного остекления:

- Нестабильность в условиях значительной ветровой нагрузки или сейсмологической активности почвы;
- Эффект «прозрачных стен», в которых людям с боязнью высоты некомфортно;
- Затраты на регулярную чистку стекол, которую вынуждены нести владельцы зданий, стремящиеся придать фасаду блеск и лоск;
- Низкое теплосбережение некоторых видов.

### 1.3 Технология производства работ по устройству витражей фасадов

#### 1.3.1. Общие требования

Устройство витражей должно осуществляться в соответствии с СП 48.13330.2011 [24], технологической картой в соответствии с требованиями, проектной и рабочей документацией и предусматривать выполнение подготовительных, монтажных и заключительных работ.

В состав подготовительных работ входят:

- приемка рабочей документации на устройство витража;
- приемка исполнительной документации на выполнение работ по устройству гидроизоляции кровли, цоколя, отмостки;
- проведение измерений геометрических параметров строительного основания;
- проверка несущей способности строительного основания (проводится специализированной организацией);
- испытание анкерных креплений (проводится специализированной организацией);
- приемка основания и оформление акта приемки;
- поставка элементов витража на строительную площадку и проверка их комплектности.

Заключительные работы по устройству витражей включают оформление акта сдачи-приемки работ, передачу проектной и исполнительной документации эксплуатирующей организации.

#### 1.3.2 Подготовительные работы

Приемка разработанной в соответствии с требованиями ГОСТ Р 21.1101 [25] рабочей документации на устройство витражей, включает проверку:

- ее комплектности;
- наличия согласований и утверждений;
- наличия ссылок на нормативные документы на материалы и изделия;
- наличия паспортов качества, сертификатов соответствия, санитарно-эпидемиологических заключений, других сопроводительных документов.

Приемка исполнительной документации на устройство витражей включает проверку соответствия фактически выполненных работ рабочим чертежам.

Средства измерений, используемые при контроле, должны быть поверены или откалиброваны в соответствии с требованиями Закона об обеспечении единства измерений.

Допускаемые отклонения поверхности основания при проверке 2-х метровым уровнем [26] по горизонтали не должны превышать  $\pm 5$  мм в соответствии с требованиями СНиП 3.04.01 (пункт 2.31 таблица 4) [27]. Если основание не отвечает указанным требованиям, выступающие участки удаляют шлифовкой, а впадины и сколы штукатурят.

Проверку толщины основания и расстояния в свету (расстояния между полом нижележащего перекрытия и потолком вышележащего) выполняют с помощью самосвертывающейся/лазерной рулетки или складного метра.

Проверка несущей способности строительного основания в натуральных условиях, выполняемая с целью выбора анкеров для крепления кронштейнов

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

витража, проводится аккредитованной строительной лабораторией по утвержденной в установленном порядке методике.

Испытание анкеров на вырыв/срез применительно к реальному основанию должна проводить специальная лаборатория по специально разработанной методике.

На основании расчета анкерного крепления по результатам проверки строительного основания и испытания анкеров проектная организация подготавливает заключение о возможности его устройства.

Приемка строительного основания проводится по акту, составляемому на основании данных журнала учета выполненных работ, который заполняется подрядчиком.

Каждая партия элементов витража, поставляемых на объект, должна сопровождаться документом о качестве (паспортом), имеющим штамп, подтверждающий приемку техническим контролем предприятия-изготовителя.

Контроль комплектности поставки элементов витражей осуществляется по спецификациям, входящим в состав рабочей документации.

### **1.3.3 Монтаж витражных конструкций**

В состав монтажных работ для стоечно-ригельной системы входят следующие операции:

- разбивка здания на отдельные захватки;
- установка кронштейнов;
- установка стоек и их крепление к строительному основанию;
- установка ригелей;
- соединение стоек;
- установка светопропускающего заполнения (стеклопакетов);
- заполнение и герметизация швов.

Разбивка здания на захватки, их величины и количество определяются с учетом размеров фасадов, оснащения строительной организации оборудованием, условиями комплектации элементами витражей, материалами и выполняются согласно проекту производства работ (ППР) и проекту организации строительства (ПОС).

Установка кронштейнов включает:

- фиксацию горизонтальной оси точек расположения кронштейнов;
- сверление отверстий под кронштейны;
- крепление кронштейнов.

При фиксации горизонтальной оси точек расположения кронштейнов крайние точки горизонтальной оси определяют с помощью нивелира [28]. Места установки кронштейнов определяют по двум крайним точкам, используя строительный уровень (ГОСТ 9416 [26]) и рулетку (ГОСТ 7502 [29]).

Сверление отверстий под кронштейны производят механизированным инструментом ударно-вращательного действия или сверлильными коронками с удалением пыли сжатым воздухом с помощью компрессора.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		18

Диаметр сверла должен быть равен диаметру крепежного изделия. Увеличенный диаметр отверстия может привести к проворачиванию крепежного элемента, уменьшенный - вызвать растрескивание материала основания.

Крепление кронштейнов следует выполнять с соблюдением требований ППР.

Минимально допустимое расстояние от оси крепежных изделий до края основания должно составлять не менее 100 мм.

Не допускается производить монтаж кронштейнов на неподготовленном основании, при установленном визуальном повреждении и без подтверждения натурными испытаниями необходимой несущей способности крепежных изделий.

Количество анкерных креплений, подлежащих контролю, должно составлять не менее 10% от общего количества на каждые 100 м плоскости строительного основания.

Стеклопакет, являющийся монтажной единицей светопропускающего заполнения, устанавливают вручную (при монтаже изнутри) или при помощи подъемных механизмов (при монтаже снаружи). (При установке вручную вес стеклопакета не должен превышать 50 кг в соответствии с требованиями СНиП 12.03 (пункт 8.2.4) [30].

При монтаже снаружи, установку стеклопакетов начинают от угла захватки здания и выполняют с места складирования на строительной площадке - стеклопакеты вакуумными присосками с помощью лебедки подают на место производства работ, где производят их установку в проемы.

Установку стеклопакетов следует производить с помощью траверс, снабженных вакуум-присосками.

Стеклопакеты необходимо переносить в вертикальном положении. Углы и торцы стекол следует оберегать от ударов. Запрещается опирать стеклопакеты на углы и ставить на жесткое основание.

При монтаже стеклопакетов не должна нарушаться ориентация стеклопакетов (наружная сторона - внутренняя сторона, верх-низ).

Стеклопакеты следует устанавливать на опорные подкладки (по две на каждый стеклопакет). Расстояние от подкладок до углов стеклопакетов должно быть 50-80 мм. При ширине стеклопакета более 1,5 м рекомендуется увеличивать это расстояние до 150 мм. Для крепления стеклопакета по вертикали следует использовать фиксирующие боковые прокладки, устанавливаемые попарно (с наружной и внутренней стороны) в верхней и нижней частях стеклопакета.

Монтаж стеклопакетов допускается при температуре наружного воздуха не ниже минус 15 °С.

Уплотнение и герметизацию швов между стеклопакетами следует производить непосредственно после их установки. Герметизируемые поверхности должны быть предварительно очищены, просушены и обезжирены. Герметики наносят пневматическими или ручными шприцами.

Работы по уплотнению и герметизации следует проводить при температуре наружного воздуха не ниже минус 15 °С в условиях, исключающих увлажнение стеклопакетов.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19



Несущие элементы при структурном остеклении устанавливаются аналогично стоечно-ригельным. В ячейку, образованную стойкой и ригелем, устанавливают стеклопакеты. Стеклопакеты крепят с помощью специального герметика, обладающего повышенными адгезионными свойствами, которые контролируются строительной лабораторией.

В полуструктурном остеклении для крепления в горизонтальном направлении используют прижимные планки и герметики для крепления по вертикали.

#### **1.3.4 Контроль качества и приемка работ**

В процессе устройства витражей в соответствии с требованиями СП 48.13330 [24], СТО НОСТРОЙ 2.33.51 [31] следует осуществлять:

- входной контроль элементов;
- операционный контроль отдельных строительных процессов/производственных операций;
- приемочный контроль.

При входном контроле элементов витражей следует проверять их соответствие требованиям рабочей документации и маркировке изделий.

Соответствие марок элементов витражей проверяется по сертификатам предприятий-изготовителей и спецификациям, входящим в состав рабочей документации.

При входном контроле целостность элементов витражей следует проверять визуально, геометрические размеры - по сопроводительной документации поставщиков, а также с помощью необходимых средств измерений.

Размеры изделий, а также отклонения от заданной формы определяют с учетом требований ГОСТ 26433.0 [32] и ГОСТ 26433.1 [33].

Проверку геометрических размеров проводят при помощи металлической измерительной рулетки по ГОСТ 7502 [29] и штангенциркуля по ГОСТ 166 [32].

При выявлении несоответствий требованиям сопроводительных документов следует определять физико-технические характеристики элементов витражей.

В случае выявления несоответствия физико-технических характеристик элементов витражей требованиям проекта и сопроводительной документации эти элементы должны быть отбракованы и изъяты.

Результаты проверки входного контроля должны фиксироваться в журнале учета по ГОСТ 24297 [35].

Операционный контроль должен проводиться в ходе выполнения работ по устройству витражей с целью обеспечения своевременного выявления дефектов и принятия мер по их предупреждению и устранению.

В процессе операционного контроля устройства витражей должны проверяться:

- кронштейны;
- стойки и ригели;
- стеклопакеты.

Отклонения расположения кронштейнов не должны превышать  $\pm 5,0$  мм по измерениям в соответствии с ГОСТ 26433.2 [36]. Отклонение каждого элемента фиксируется в журнале работ.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		20

Отклонения длины стоек не должны превышать значения  $\pm 2,0$  мм в соответствии с ГОСТ 26433.2 [36].

Отклонение от прямолинейности стоек и ригелей не должно превышать  $\pm 0,5$  мм в соответствии с ГОСТ 26433.2 [36]. Отклонение каждого элемента должно фиксироваться в журнале работ.

Места примыканий металлических элементов стоек к основанию должны быть защищены от коррозии.

Проектная величина момента затяжки болтовых соединений обеспечивается использованием моментного ключа (ГОСТ Р 51254 [37]).

Размеры опорных подкладок для установки стеклопакетов должны составлять по длине не менее 40 мм, по ширине - не менее ширины применяемого заполнения, по высоте - не менее 3 мм.

При сдаче работ по приемке витражей должен осуществляться контроль выполнения монтажа каждого из конструктивных элементов с записью в журнал работ и с составлением актов на скрытые работы по форме РД 11-02-2006 [38].

При приемочном контроле должно быть проверено:

- по сопроводительной документации на элементы витражей их соответствие проекту;

- по исполнительным геодезическим схемам с применением средств инструментального контроля соответствие положения витражей требованиям проекта;

- наличие внесения монтажной организацией изменений в проект по исполнительным чертежам, а также наличие документов, подтверждающих согласование этих изменений;

- наличие и правильность оформления актов освидетельствования скрытых работ;

- наличие журнала общих работ и соответствие последовательности устройства витражей требованиям.

Сдача результата работ подрядчиком и приемка его заказчиком оформляются актом, который подписывается обеими сторонами в соответствии с Градостроительным кодексом РФ [39].

Оформление результатов сдачи выполненных подрядчиком работ осуществляется по унифицированным формам, которым определен также и порядок их заполнения.

При передаче объекта эксплуатирующей организации могут быть проведены: тепловизионная съемка здания; испытания по определению сопротивления теплопередаче, воздухо- и водопроницаемости, изоляции воздушного шума и сопротивления ветровой нагрузке. Проверка должна проводиться специализированной организацией, имеющей соответствующую аккредитацию.

Требования к смонтированным светопрозрачным конструкциям в соответствии с ГОСТ 23166-99 [40]:

По показателю приведенного сопротивления теплопередаче изделия подразделяют на классы, приведенные в таблице 1.3.4.1:

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		21

Таблица 1.3.4.1 Класс изделий в соответствии с приведенным сопротивлением теплопередачи.

Класс изделий	A1	A2	B1	B2	B1	B2	Г1	Г2	Д1	Д2
Сопротивление теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$	0,80 и более	0,75- 0,79	0,70- 0,74	0,65- 0,69	0,60- 0,64	0,55- 0,59	0,50- 0,54	0,45- 0,49	0,40- 0,44	0,35- 0,39

По показателям воздухо- и водопроницаемости изделия подразделяют на классы, приведенные в таблице 1.3.4.2:

Таблица 1.3.4.2 Класс изделий в соответствии с показателями воздухо- и водопроницаемости.

Класс изделий	Объемная воздухопроницаемость при $\Delta P = 100 \text{ Па}$ , $\text{м}^3/(\text{ч} \cdot \text{м}^2)$ для построения нормативных границ классов	Предел водонепроницаемости, Па, не менее
А	3	600
Б	9	500
В	17	400
Г	27	300
Д	50	150

Класс изделия со снижением воздушного шума городского транспорта устанавливают по таблице 1.3.4.3:

Таблица 1.3.4.3 Класс изделий со снижением воздушного шума городского транспорта.

Класс изделий	А	Б	В	Г	Д
Изделия со снижением воздушного шума, дБА	Свыше 36	34-36	31-33	28-30	25-27

Класс по ветровой нагрузке устанавливают по таблице 1.3.4.4:

Таблица 1.3.4.4 Класс изделий по ветровой нагрузке.

Класс изделий	Сопротивление ветровой нагрузке, Па
А	1000 и более
Б	800-999
В	600-799
Г	400-599
Д	200-399

Контроль качества и приемка работ по установке витражей фасадов по стоечно-ригельной системе приведены в карте контроля технологических процессов в таблице Б1.

#### 1.4 Оценка качества устройства светопрозрачных конструкций по параметрам энергосбережения

Обследование светопрозрачных конструкций может проводиться в рамках строительного контроля и государственного строительного надзора в случаях и в порядке, установленных Градостроительным кодексом Российской Федерации [39].

Сроки и основания проведения обследования и мониторинга технического состояния ограждающих конструкций зданий и сооружений определены в ГОСТ 31937-2011 [41].

Проведение мониторинга и обследований технического состояния светопрозрачных конструкций и их периодичность могут быть предусмотрены в проектной документации здания или сооружения.

Основные эксплуатационные характеристики светопрозрачных конструкций, оцениваемые при обследовании в натуральных условиях, приведены в таблице 1 СТО НОСТРОЙ 2.35.63-2012 часть 3 [42].

Порядок проведения обследований светопрозрачных конструкций: витража из алюминиевых сплавов согласно приложению Е СТО НОСТРОЙ 2.35.63-2012 часть 3 [42]:

Ознакомление с техническим заданием на обследование светопрозрачных конструкций (СПК). Составление программы обследования в соответствии с техническим заданием.

Сбор нормативной и технической документации по СПК и отдельным его элементам.

Определение состава комиссии по обследованию объекта, согласование с заказчиком даты и сроков выполнения работ.

Предварительное обследование СПК, при котором определяются видимые недостатки конструкции, устанавливаются дефекты стеклопакетов и заполнения проемов.

По результатам предварительного обследования и опросу лиц непосредственно находящихся в обследуемом помещении составляет дефектная ведомость витража и узла примыкания.

Проводится детальное обследование витража включая:

- определение конструктивных несоответствий отдельных элементов витража производят по результатам проверки рабочей документации;

- замер габаритных размеров коробки витража с использованием методов, установленных в ГОСТ 26433.0 [32];

- контроль криволинейности основных профилей витража в плоскости перпендикулярной остеклению. Отклонения от прямолинейности кромок деталей рамочных элементов не должны превышать 1,0 мм на 1 м длины;

- обследование внешнего вида витража. Перепад лицевых поверхностей (провес) в угловых и Т-образных соединениях смежных деталей коробок, установка которых предусмотрена в одной плоскости, не должен превышать 1 мм. Зазоры в местах угловых и Т-образных соединений профилей не должны превышать 0,5 мм;

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

- обследование качества отделочного и защитно-декоративного покрытия. Внешний вид и цвет витража проверяют путем сравнения с образцом-эталоном, предоставленным предприятием-изготовителем. Дефекты покрытия, различимые невооруженным глазом с расстояния 1 м при интенсивности освещения 300 лк, не допускаются;

- обследование водосливных отверстий-нижние профили коробок и горизонтальные импосты наружных изделий должны иметь водосливные отверстия размером не менее 5×25 мм, защищенные козырьками. Число, расположение и размер отверстий устанавливают в рабочих чертежах.

Теплотехническое обследование витражей проводится в соответствии с техническим заданием по методикам, приведенным в ГОСТ 26602.1 [43]. В случае обнаружения промерзания витража либо его продувания возможно проведение натуральных теплотехнических испытаний с определением приведенного сопротивления теплопередаче и воздухопроницаемости и выявлением соответствия этих показателей нормативным требованиям. Необходимость таких испытаний определяет эксперт.

По результатам обследования составляется техническое заключение с выводами о техническом состоянии обследуемых витражей, включая рекомендации о целесообразности и условиях их эксплуатации. При необходимости разрабатываются рекомендации по усилению или замене отдельных элементов или витража в целом.

Согласно СП 23-101-2004 [12] определение теплотехнических характеристик (сопротивления теплопередаче и воздухопроницанию, теплоустойчивости, теплотехнической однородности) отдельных конструктивных элементов тепловой защиты выполняют в натуральных условиях либо в лабораторных условиях в климатических камерах, а также методами моделирования температурных полей на ЭВМ согласно ГОСТ 25380 [44], ГОСТ 26253 [45], ГОСТ 26254 [46], ГОСТ 26602.1 [43], ГОСТ 26602.2 [47], ГОСТ 26629 [48], ГОСТ 31166 [49], ГОСТ 31167 [50].

Из этого следует, что основным методом контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций является тепловизионная съемка.

Метод основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур поверхностей ограждающих конструкций, между внутренними и наружными поверхностями которых создан перепад температур, и вычислении относительных сопротивлений теплопередаче участков конструкции, значения которых, наряду с температурой внутренней поверхности, принимают за показатели качества их теплозащитных свойств.

Температурные поля поверхностей ограждающих конструкций получают на экране тепловизора в виде черно-белого или цветного изображения (рисунок 1.4.1), градации яркости или цвета которого соответствуют различным температурам. Тепловизоры снабжены устройством для высвечивания на экране изотермических поверхностей и измерения выходного сигнала, значение которого функционально связано с измеряемой температурой поверхности.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		24

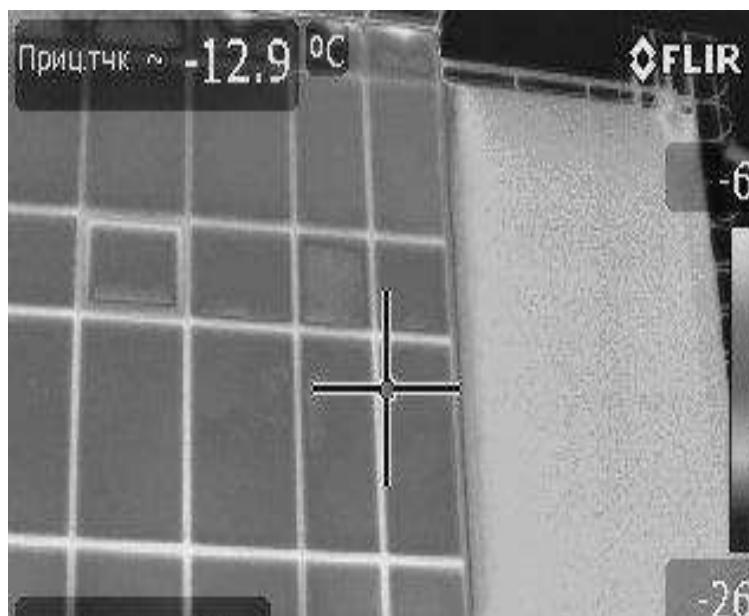


Рисунок 1.4.1 Тепловизионная съемка наружных ограждающих конструкций (витраж)

Тепловизионному контролю подвергают наружные и внутренние поверхности ограждающих конструкций. По обзорной термограмме наружной поверхности ограждающих конструкций выявляют участки с нарушенными теплозащитными свойствами, которые затем подвергают детальному термографированию с внутренней стороны ограждающих конструкций.

Линейные размеры дефектных участков определяют, используя геометрические масштабы термограмм.

Тепловизионные измерения производят при перепаде температур между наружным и внутренним воздухом, превосходящим минимально допустимый перепад, определяемый по формуле 1.4.1:

$$\Delta t_{\min} = \ominus R_o^{\pi} \frac{\alpha r}{1-r} \quad (1.4.1)$$

Где:

$\ominus$  - предел температурной чувствительности тепловизора, °С;

$R_o^{\pi}$  - проектное значение сопротивления теплопередаче, °С/Вт;

$\alpha$  - коэффициент теплоотдачи, принимаемый равным: для внутренней поверхности стен - при нормативно-технической документации; для наружной поверхности стен при скоростях ветра 1, 3, 6 м/с - соответственно 11, 20, 30 Вт/(м·°С);

$r$  - относительное сопротивление теплопередаче подлежащего выявлению дефектного участка ограждающей конструкции, принимаемое равным отношению значения требуемого нормативно-технической документации к проектному значению сопротивления теплопередаче, но не более 0,85.

Тепловизионные измерения производят при режиме теплопередачи, близком к стационарному, при отсутствии атмосферных осадков, тумана, задымленности. Обследуемые поверхности не должны находиться в зоне прямого и отраженного солнечного облучения в течение 12 ч до проведения измерений.

В результате тепловизионного исследования могут быть выявлены следующие дефекты [51]:

- Нарушение целостности узла соединения оконного блока и рамы. Основная причина в некачественной заделке теплоизолирующим материалом.
- Неплотный притвор оконной рамы. Причина в неправильной регулировке или просадке здания.
- Неплотное примыкание стеклопакета к раме. Причина в неправильном подборе штапиков или их разрушения от ультрафиолета.
- Сквозная щель под подоконником. Причина в ошибке монтажа подоконника, а также некачественном заполнении полости теплоизолирующим материалом.
- Сквозные трещины стеклопакета. Причина в нарушении технологии монтажа или просадке здания.
- Трещины в кладке ограждающей конструкции
- Некачественное утепление откосов (неравномерное заполнение утеплителем, непроектное использование материалов, нарушение технологии работ).

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26

## 1.5 Анализ известных исследований в области теплопотерь через оконные откосы

Потребность в установлении качественных и количественных теплотехнических характеристик окон и оконных откосов и определении их теплопотерь возникла достаточно давно и по мере развития строительного дела и уровня техники находила свое отражение в соответствующих работах отечественных и зарубежных специалистов.

Теплопередачей через ограждающие конструкции в зоне оконного откоса занимались отечественные ученые К.Ф. Фокин [52.], В.Д. Мачинский [53; 54], В.Н. Богословский [55; 56], Р.Е. Бриллинг [57], К.П. Копылов [58], А.Д. Кривошеин [59; 60; 61; 62], Е.В. Петров [63], П. Сальмонович [64], Н.П. Умнякова [65; 66], О.Д. Самарин [67], П.В. Монастырев [68], М.М. Рыбаков [69], С.В. Корниенко [70], П.В. Яковлев [71], Д.А. Харламов [73], А.С. Сергиенко [74] и другие.

Окно современной конструкции – это двойное, тройное остекление или четырехслойное остекление, внутри которого вакуум; промежуток между стеклами может быть заполнен инертным газом, чтобы свести до минимума потери тепла.

В настоящее время применяются следующие конструкции окон: деревянные оконные рамы, пластиковые, алюминиевые, сочетание различных материалов.

Из всего многообразия геометрических форм и конструктивных решений ограждающих конструкций можно выделить следующие элементы, в которых нарушается одномерность температурного поля: ограждение в зоне стыка, около угла, карнизные узлы, около проемов, в зоне примыкания перекрытия и перегородок к стенам, ограждения с теплопроводными включениями. Одним словом, особого внимания при проектировании и обследовании требуются, так называемые, краевые зоны.

Наиболее полное исследование теплопотерь через оконные откосы провел К.Ф. Фокин с помощью метода, разработанного им в 1946 г. [52]. Он исследован сплошные кирпичные стены толщиной 1,5, 2,5, 3,5 кирпича с внутренней штукатуркой при температуре внутри помещения 18°C и наружной температура - 30°C. В его работе показано, что изменение температуры вблизи оконных и дверных проемов тем значительнее, чем толще стена и чем меньше расстояние между оконными переплетами. При этом температура внутренней поверхности стены несколько повышается по мере приближения к проему, а на откосах проема резко понижается.

Дополнительные потери тепла через оконные откосы и влияние их на величину коэффициента теплопередачи окна определяются следующим образом. Количество тепла, проходящего через 1 м длины откоса рассчитывается по формуле (1.5.1):

$$Q_{\text{отк}} = \alpha_{\text{отк}} \cdot (t_{\text{в}} - \tau_{\text{отк}}) \cdot \delta \quad (1.5.1)$$



Уменьшение количества тепла, проходящего через стены в зоне оконного проема, на 1 м периметра проема будет равно (формула 1.5.2):

$$Q_{\text{нс}} = -\alpha_{\text{в}} \cdot \Delta t_{\text{в}} \cdot m_{\text{ок}} \quad (1.5.2)$$

Знак минус в последней формуле показывает, что при повышении температуры стены у окна ( $\Delta t_{\text{в}}$  положительное) теплотери стены около оконного проема снижаются.

Увеличение коэффициента теплопередачи окна в результате дополнительных теплотерь через откосы проема будет равно (формула 1.5.3):

$$\Delta K = \frac{Q_{\text{отк}} + Q_{\text{нс}}}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} \cdot \frac{p_{\text{ок}}}{F_{\text{ок}}} \quad (1.5.3)$$

Полный коэффициент теплопередачи окна будет равен (формула 1.5.3):

$$K_{\text{ок}} = K'_{\text{ок}} + \Delta K \quad (1.5.4)$$

где  $K'_{\text{ок}}$  - коэффициент теплопередачи оконного заполнения без учета теплотери через откосы проема, Вт/(м<sup>2</sup>·°С).

Исследование влияния расположения оконной коробки в проеме на величину  $K_{\text{ок}}$  показало, что при перемещении коробки к внутренней поверхности стены вблизи окна температура понижается. К.Ф. Фокин приходит к выводу, что суммарные дополнительные теплотери получаются практически одинаковыми при различных положениях переплета в проеме, хотя характер распределения температуры по толще стены зависит во многом от расположения оконной коробки, что подтверждается и другими учеными. Сопротивление теплопередаче окна с учетом потерь через оконные откосы при этом уменьшается до 30%.

К.П. Копылов [58] помимо учета дополнительных потерь за счет понижения температуры оконного откоса и обрамления окна в стене, берет в расчет дополнительные теплотери от понижения температуры внутренней поверхности заполнения при инфильтрации воздуха; на нагрев инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение через заполнение; от понижения температуры внутренней поверхности откосов и обрамления оконного проема при инфильтрации воздуха через места заделки оконного блока; на нагрев инфильтрационного воздуха, поступающего в помещение через места заделки оконного блока.

В.Н. Богословский также исследовал теплопередачу через оконные откосы [55,56]. При этом он представлял откос оконного проема торцом толстого ребра. Так В.Н. Богословский определил фактор формы для двумерного температурного поля оконного откоса, но решенная им задача справедлива только для стен с толщиной соизмеримой с толщиной оконной коробки. Он показывает, во сколько раз поток тепла через элемент ограждения с двумерным температурным полем больше одномерного.

А.Д. Кривошеин и Г.А. Пахотин в своих работах [61] исследуют тепловой режим остекления оконных проемов различных конструкций, а также узлы сопряжения переплетов со стенами разного конструктивного решения.

А.Д. Кривошеин отмечает [59-62], что снижение приведенного сопротивления теплопередаче вследствие повышенных теплопотерь через оконные откосы может составлять 30-40%. Для решения этой проблемы рекомендуется выполнение следующих условий: смещение оконной коробки к центру стены; увеличение толщины теплоизоляции между оконной коробкой и наружной стеной; утепление оконных откосов с наружной стороны; утепление оконных откосов с внутренней стороны.

Е.В. Петров [63] провел численные расчеты теплопотерь через оконные откосы различного конструктивного исполнения на основе расчета методом конечных элементов с использованием ЭВМ. Он установил, что изменение толщины коробки от 60 до 180 мм оказывает слабое влияние на распределение температур по внутренней поверхности стены при ее толщине 640 мм. Сравнение тепловых потоков через поверхность стены и боковые оконные откосы с теплопотерями стены без оконного проема дает следующие результаты: при толщине оконной коробки 60 мм дополнительные потери через поверхность стены и оконного откоса по сравнению с обычной стеной увеличиваются на 26%, а при толщине 120 и 180 мм соответственно на 18 и 12%.

По результатам проведенным Е.В. Петровым расчетов влияние местоположения окна на теплопотери через стены и оконные откосы дают следующие результаты: увеличение тепловых потерь по сравнению с кирпичной стеной без проема составляет 18, 14 и 16% соответственно при расстоянии оконного блока от наружной грани стены 120, 250 и 380 мм.

Н.П. Умнякова [65, 66] исследовала теплопередачу через оконные откосы жилых зданий. В ее работе сделан подробный анализ принципов проектирования сопряжения оконного блока с наружной стеной в жилых зданиях, исследованы их конструктивное оформление и характеристики. Исследования теплового режима оконного откоса, проведенные Н.П. Умняковой показывают, что в зоне заполнения световых проемов на участке поверхности оконных откосов температуры ниже, чем на внутренней поверхности наружной стены, что приводит к появлению конденсата на поверхности откосов, разрушению переплетов и оконной коробки, дополнительным потерям тепла через поверхность откосов.

По данным этого автора теплопередача через конные откосы составляет: в кирпичных стенах – 14%; в однослойных керамзитобетонных стенах – 8%; в трехслойных панелях с эффективным утеплителем – 5% по отношению к общим тепловым потерям здания. Ею оценивается доля потерь тепла через окна в размере 21% что, по мнению многих исследователей данной проблемы, является сильно заниженной величиной.

Изучению опыта и теории эксплуатации окон промышленных зданий с повышенной влажностью воздуха в помещениях посвящено исследование Е.А. Петровой [75].

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		29

Ею показано, что наименьшая температура на внутренней поверхности откосов образуется на линии пересечения его плоскости с переплетом, наиболее высокая – на линии пересечения плоскости откоса с внутренней поверхностью стены. Характер изменения температуры на внутренней поверхности стены зависит от расположения окна по толще стены. При расположении у ее наружной поверхности температура понижается равномерно и на расстоянии  $(1,5-2) \cdot \delta$  приобретает постоянное значение, равное температуре на ее основной поверхности.

Ею даны рекомендации по расположению оконного переплета в стенах различных конструкций из условия повышения минимальной температуры на внутренней поверхности стены и оконного откоса (таблица 1.5.1):

Таблица 1.5.1 Оптимальное расположение оконного переплета в конструкциях наружных стен из условиях повышения минимальной температуры поверхности стены и оконного откоса

Вид ограждения	Толщина ограждения, м	Материал переплета	Оптимальное расстояние от наружно поверхности стены до переплета, м
Стена из керамзитобетонных панелей	0,25	Сталь	0,105
		Дерево	0,075
	0,30	Сталь	0,120
		Дерево	0,140
Кирпичная стена	0,38	Сталь	0,160
		Дерево	0,190
	0,51	Дерево	0,275
	0,64	Дерево	0,355
Стена из трехслойных панелей	Любая	Сталь	0,050
		Дерево	0,050

Е.А. Петрова рекомендует по периметру в месте примыкания оконного переплета к наружной стене устанавливать термовкладыши из эффективного утеплителя, и дает их размеры.

Аспирант НИУ ЮУрГУ М.М. Рыбаков [69] в своей статье рассмотрел проблему расчета дополнительных теплотерь через узел оконного откоса, выполнив обобщение всех факторов, влияющих на величину дополнительной

мощности теплового потока через оконный откос и определив влияние каждого фактора с помощью ПК «ELCUT».

Все данные, полученные при проведении исследования, сведены автором в таблицу 1.5.2:

Таблица 1.5.2 - Величины изменения дополнительной мощности теплового потока

Наименование фактора	Отклонение, %
Толщина стена	132,7
Коэффициент теплопроводности материала стены	33,7
Толщина утепления стены	59,3
Коэффициент теплопроводности материала утеплителя	38,9
Положение оконной коробки по ширине проема	21,3
Ширина монтажного шва	58,8
Коэффициент теплопроводности заполнения монтажного шва	37,1
Толщина оконного профиля	3,8
Коэффициент теплопроводности оконного профиля	10,6
Тип дистанционной рамки	0,467
Коэффициент теплопроводности стеклопакета	0,115
Ширина термовкладыша	19,6
Глубина термовкладыша	9,3
Коэффициент теплопроводности материала термовкладыша	25,8
Высота перемычки	0,528
Коэффициент теплопроводности материала перемычки	296,6

По результатам проведенных расчетов М.М. Рыбаковым можно сказать, что ряд факторов (тип дистанционной рамки, коэффициент теплопроводности стеклопакета) нет смысла учитывать при определении дополнительной мощности теплового потока через оконный откос. Их изменение затронет лишь теплозащитные характеристики оконной конструкции, но не скажется на конструкции стены. Некоторые факторы (утепление внутренней поверхности

откоса) хоть и уменьшат выход тепла через откос, но могут привести к худшим последствиям и их нужно избегать. Фактор «Высота перемычки» хоть и оказывает малое влияние, но является уникальным для узла верхнего откоса и может оказывать совместное влияние вместе с другими факторами. Все остальные факторы обязательно должны быть учтены при выполнении теплотехнического расчета здания.

Дополнительными экспериментальными исследованиями по данной тематике учета теплопотерь занимались также магистры кафедры «Строительное производство и теория сооружений» Рудь В.С. [76] и Костюнин А.С. [77] с магистерскими диссертациями на тему «Оценка качества устройства светопрозрачных конструкций по параметрам энергосбережения» (2017 г.), Балакин Ю.И. «Влияние дефектов на параметры энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса» (2018 г.) [78].

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		32

## 1.6 Дефекты, влияющие на теплопередачу через узел оконного откоса

Выделены часто встречающиеся дефекты светопрозрачных конструкций, влияющие на тепловые потери стенового ограждения. Выбор данных дефектов проведен на основе существующих исследований и обследований конструкций оконных систем и узла оконного откоса. К этим дефектам относятся:

- Отсутствие плотного прилегания пяток нижних кронштейнов витражей к стене-основе (Рисунок Д.1);
- Непроектное расстояние между витражной стойкой и стеной основой (Рисунок Д.2);
- Использование основной колонны в качестве витражной стойки с креплением горизонтального ригеля витража к колонне с помощью уголка и уменьшением его сечения до 30% и менее (Рисунок Д.3);
- Переувлажнение и растрескивание элементов светопрозрачных конструкций вследствие протечек (Рисунок Д.4);
- Установка кронштейна на основание, не обладающего достаточной прочностью (Рисунок Д.5);
- Неперпендикулярность установки анкеров (Рисунок Д.6);
- Болты в верхней части овальных отверстий. Не обеспечена возможность перемещения стойки по направлению вверх (Рисунок Д.7);
- Смещение базового уплотнителя между модулями в процессе монтажа (Рисунок Д.8); штабелирование и несоосность (Рисунок Д.9);
- Некачественная установка уплотнителя (Рисунок Д.10, Рисунок Д.11);
- Некачественная теплоизоляция (так называемая «кукла»), установленная в модуле (Рисунок Д.12);
- Непроектная установка утеплителя (Рисунок Д.13);
- Сквозной шов между смежными панелями облицовки (Рисунок Д.14).

## 2 Методика исследования, применяемое оборудование

Целью проведения лабораторного исследования является определение влияния дефектов устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций на теплозащитные свойства исследуемого фрагмента ограждающей конструкции с устройством витража, а также проверка адекватности применения компьютерного имитационного моделирования процесса теплообмена.

Ниже приведено описание лабораторного исследования и применяемого оборудования.

Испытания проводились в научно-исследовательской лаборатории ФГБОУ ВПО ЮУрГУ (НИУ), имеющей свидетельство № 454 о состоянии измерений в лаборатории, выданное ФБУ «Челябинский ЦСМ» и действующее до 25.07.2019 г. Лабораторные испытания проводились в соответствии с ГОСТ 26254-84 [46].

Объектом лабораторного испытания являлся фрагмент стенового ограждения из шлакоблока с витражом. Размеры фрагмента: высота – 1140 мм., ширина – 1350 мм. Размеры витража: высота – 855 мм., ширина – 585 мм. Эскиз экспериментального образца представлен на рисунке 2.1.

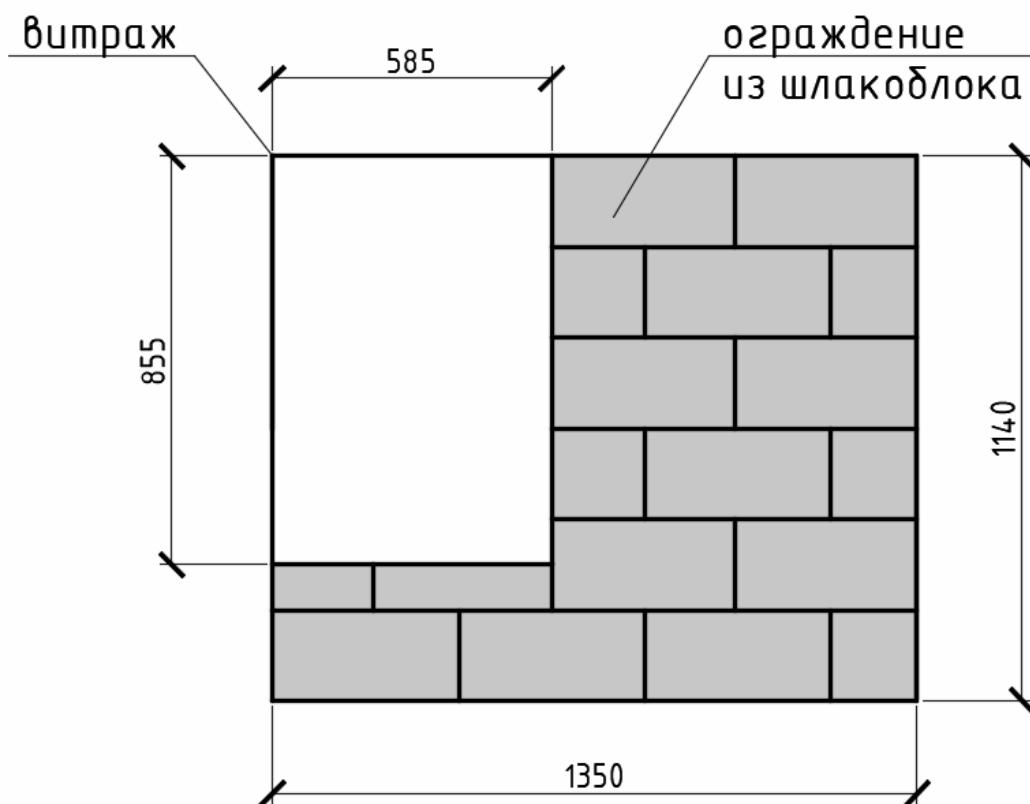


Рисунок 2.1 Эскиз экспериментального образца

В качестве теплоизоляционного слоя использовались плиты экструдированного пенополистирола Экстрол размерами 1180x580 мм.

Расчетные характеристики исследуемого фрагмента представлены в таблице 2.1.

Таблица 2.1 – Физико-технические расчетные характеристики исследуемого фрагмента

№	Конструкция	Состав	Коэффициент теплопроводности $\lambda_A$ , Вт/(м <sup>0</sup> С)
1	Стена	Шлакоблок марки М-75, размером 390x188x190 мм	0,46
2	Утепление	Плиты экструдированного пенополистирола Экстрол, размером 1180x580 мм	0,029
3	Крепление утеплителя	Тарельчатые дюбели с металлическим гвоздем с термоголовой Koelner Ø10 мм	58
4	Монтажный шов	Монтажная пена Tytan Professional STD	0,032
5	Оконная конструкция	Окно с алюминиевым профилем Alutech ALTW62	0,7
6	Крепление оконных конструкций	Дюбель фасадный с саморезом Mungo MBK-STB 10x100	58

Для моделирования перепада температур использовалась климатическая камера КХТВ-24,0 производства ООО «НПО Спецклимат» (Рисунок 2.2), для замера плотности теплового потока использовался прибор ИТП-МГ4.03/Х(У) «Поток» производства ООО «СКБ Стройприбор», для тепловизионного контроля – тепловизор Flir E60. Испытания проводились согласно приложению Е ГОСТ 30971-2012 «Швы оконных блоков» [79]. Расчет удельных теплопотерь велся согласно по приложению Н СП50-13330-2012 [14].





Рисунок 2.2 Климатическая камера КХТВ-24,0

В камере создавалась отрицательная температура, вне камеры (в помещении лаборатории) – положительная. Во время смоделированного таким образом перепада температур проводились замеры требуемых величины.

В ходе исследования были измерены плотности тепловых потоков через ключевые участки конструкции, температуры наружного и внутреннего воздуха, а также температуры на внутренней и наружной поверхностях.

При проведении испытаний были соблюдены следующие требования нормативных документов:

- Лабораторный образец должен выдерживаться в условиях выбранных наружной и внутренней температур до выхода на стационарный режим согласно требованиям ГОСТ 26254-84 [46], но не менее 24 ч.

- Фиксирование данных допускается после подтверждения выхода тепловых потоков и температур на поверхности конструкции на стационарный режим;

- Температура в теплом отделении климатической камеры должна выбираться согласно требованиям к внутреннему микроклимату (внутренняя температура, влажность воздуха) по ГОСТ 30494-2011 [80];

- Температура в холодном отделении климатической камеры должна выбираться согласно требованиям СП 131.13330.2012 «Строительная климатология» [81] как температура наиболее холодной пятидневки для региона строительства;

Проведение экспериментальных замеров было разбито на отдельные этапы:

1. Стена без утепления и дефектов

2. Стена с утеплителем 50 мм без дефектов
3. Стена с утеплителем 100 мм без дефектов

Вся конструкция разбиралась до первоначального вида, создавались исследуемые линейные дефекты, отверстия от пластиковых дюбелей заделывались кладочным раствором.

4. Стена без утеплителя с дефектами
5. Стена с утеплителем 50 мм с дефектами
6. Стена с утеплителем 100 мм с дефектами.

Исследование каждого этапа выполнялось в следующей последовательности:

1. Сборка исследуемого фрагмента на передвижном стенде. После подготовки фрагмента для проведения испытаний передвижной стенд со смонтированным на нем фрагменте пододвигался к климатической камере до плотного примыкания через теплоизолирующие элементы;

2. Теплоизоляция контуров конструкции. Металлическая установка вместе с исследуемым фрагментом придвигалась к климатической камере. Так как поверхность образца имела неровности, из-за которых образовывались зазоры между образцом и стеной камеры, были изолированы все контуры для сокращения теплопотерь через зазоры. Выполнялось это комбинацией пенополистирольного и минераловатного утеплителей;

3. Достижение стационарной теплопередачи. Перед проведением замеров согласно ГОСТ 30971-2012 [79] исследуемый образец выдерживался в условиях выбранных наружной и внутренней температур до выхода на стационарный режим не менее 24 ч;

4. Определение характерных зон. Оценка влияния дефектов устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций на теплозащитные свойства рассмотрено на характерных дефектах: дефект кладки (растрескивание межкладочного шва), дефект монтажного шва (неравномерное заполнение);

5. Установка датчиков. Для проведения эксперимента были установлены датчики теплового потока (4 шт.) в характерные зоны образца со стороны теплового отсека камеры, датчики температуры воздуха, установленные на расстоянии не более 100 мм от поверхностей;

6. Проведение замеров. ГОСТ 30971-2012 [79] не регламентирует продолжительность проведения замеров, поэтому было принято решение проводить замеры по ГОСТ 26254-84 [46]. Это необходимо для исключения погрешностей, вызванных возможными изменениями температур в холодном и теплом отсеках;

7. Моделирование в ПК ELCUT;

8. Анализ данных. Проводилось сравнение данных, полученных в ходе эксперимента, и данных из ПК ELCUT. Сравнивались значения полученных удельных теплопотерь в характерных зонах конструкции.

Моделирование ПК ELCUT велось в соответствии с приложением Д ГОСТ 30971-2012 [79].

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		37

ПК «ELCUT» обладает сертификатом соответствия № РОСС RU.СП15.Н00904 от 25.03.2016. Соответствует требованиям нормативных документов СП 50.13330.2012 (СНиП 23-02-2003) [14], СанПиН 2.2.4.1191-03 [82], ГОСТ Р ИСО 9127-94 [83], ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 [84].

В ходе моделирования каждому материалу был присвоен свой коэффициент теплопроводности  $\lambda$  (Вт/м·°С) (см. таблицу 2.1) и другие свойства материала (Рисунок 2.3, Рисунок 2.4).

Этапы компьютерного моделирования:

1. Сечение без утеплителя по витражу без дефекта.
2. Сечение без утеплителя по витражу с дефектом.
3. Сечение с 50 мм утеплителя по витражу без дефекта.
4. Сечение с 50 мм утеплителя по витражу с дефектом.
5. Сечение с 100 мм утеплителя по витражу без дефекта.
6. Сечение с 100 мм утеплителя по витражу с дефектом.
7. Сечение по кладке без утеплителя без дефекта.
8. Сечение по кладке без утеплителя с дефектом.
9. Сечение по кладке с 50 мм утеплителя без дефекта.
10. Сечение по кладке с 50 мм утеплителя с дефектом.
11. Сечение по кладке со 100 мм утеплителя без дефекта.
12. Сечение по кладке со 100 мм утеплителя с дефектом.

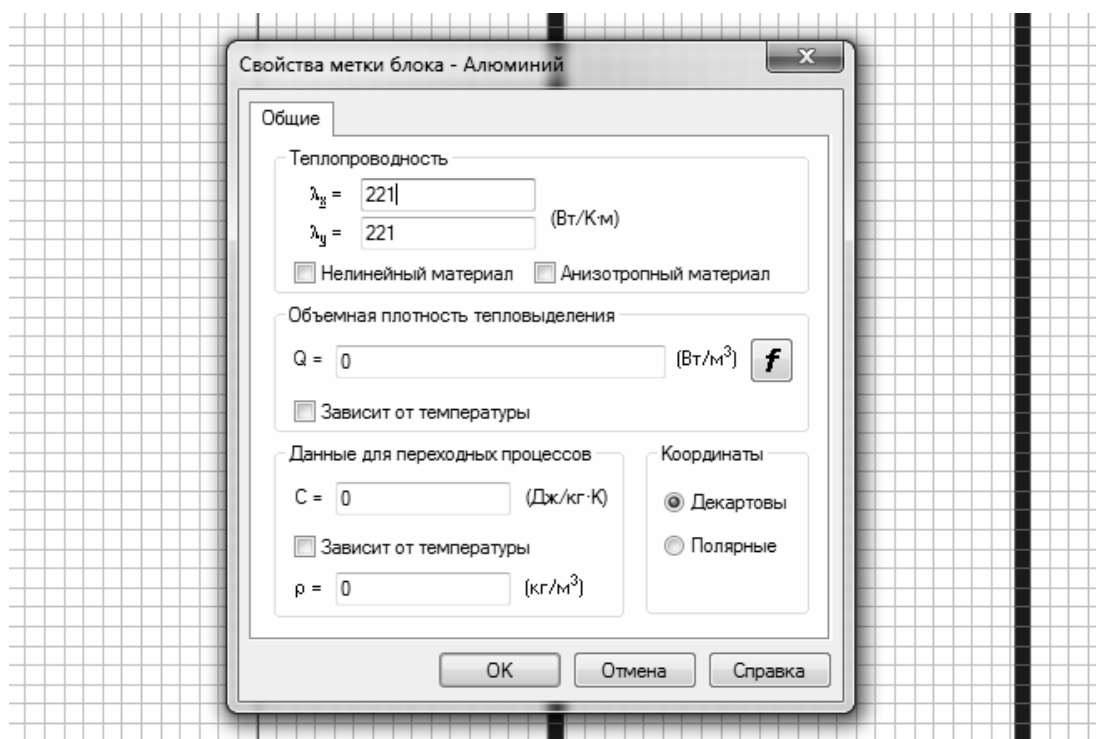


Рисунок 2.3 Присвоение свойств материалам

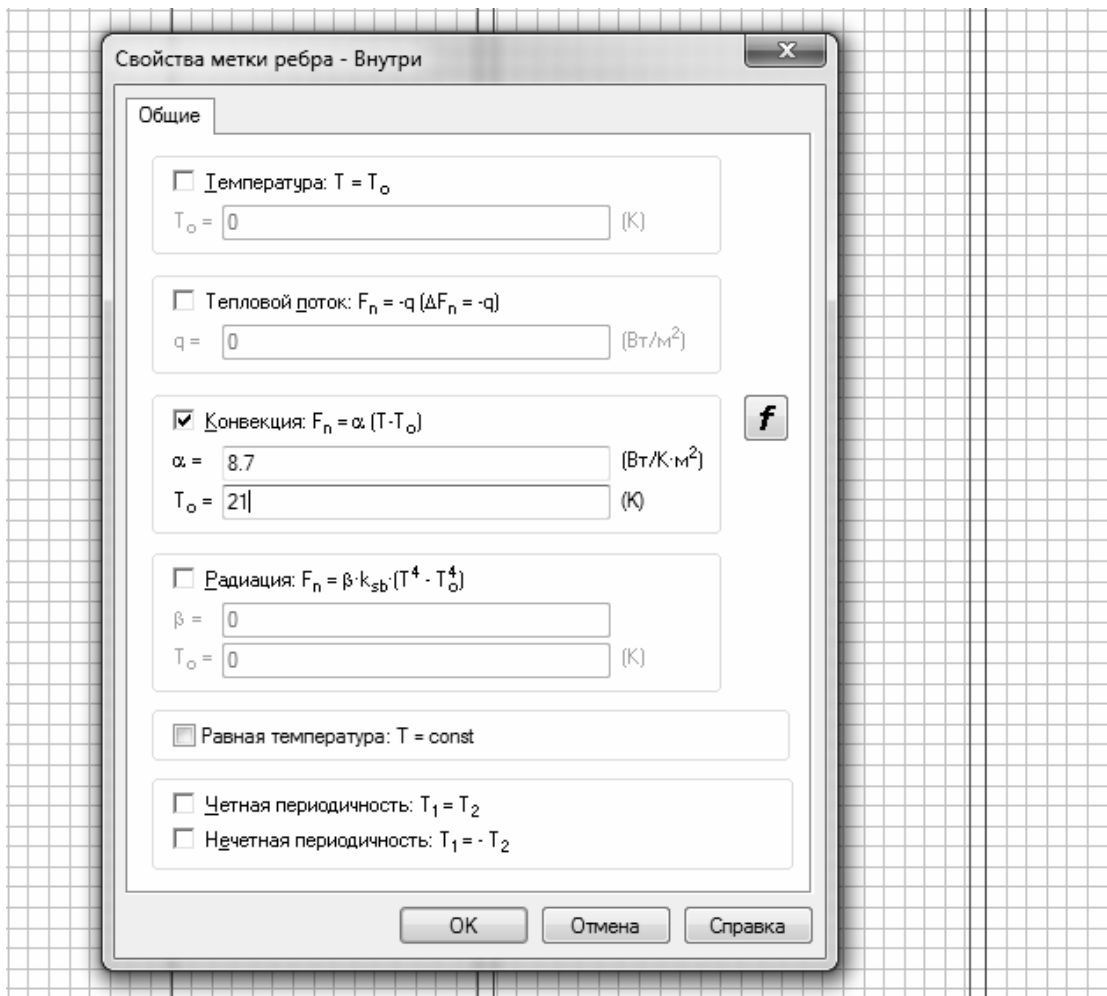


Рисунок 2.4 Присвоение свойств поверхностям

### 3 Исследование влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне примыкания светопрозрачных конструкций на параметры энергоэффективности гражданских зданий

#### 3.1 Методика экспериментального исследования влияния дефектов фрагмента стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций

##### 3.1.1 Стена без утепления и дефектов

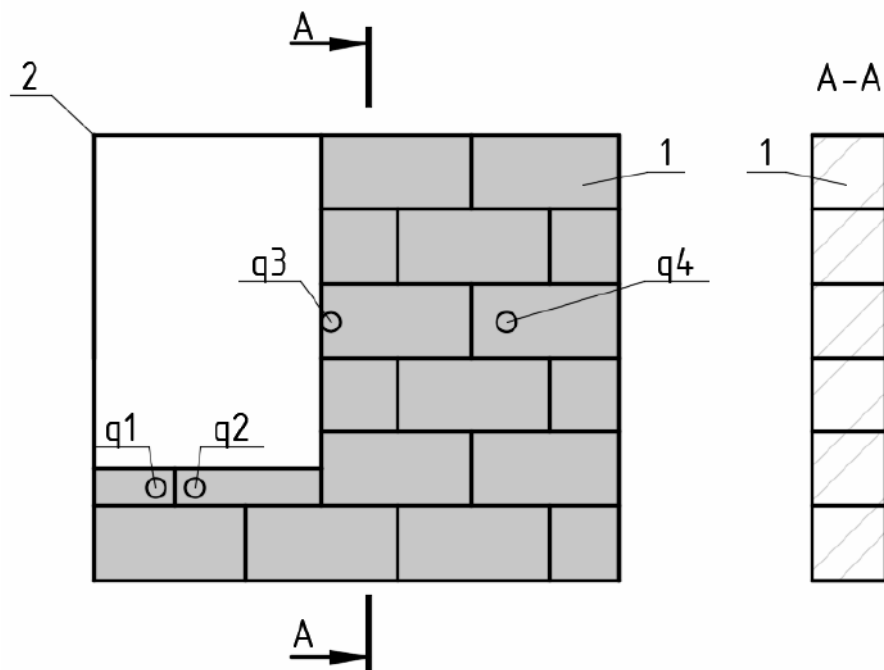


Рисунок 3.1.1.1 Схема исследуемого фрагмента без утепления и дефектов  
1 – стена из шлакоблока; 2 – витраж; q<sub>1</sub>, q<sub>2</sub>, q<sub>3</sub>, q<sub>4</sub> – датчики теплового потока



Рисунок 3.1.1.2 Исследуемый фрагмент без утепления и дефектов

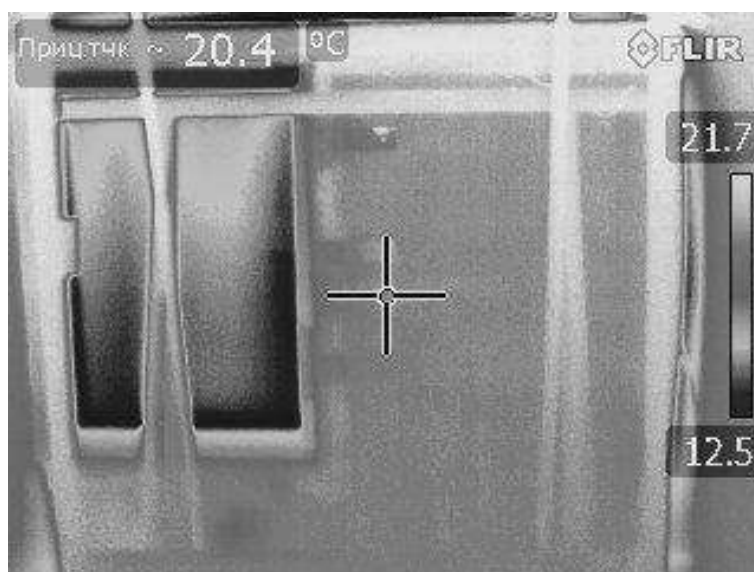


Рисунок 3.1.1.3 Термограмма исследуемого фрагмента без утепления и дефектов

Полученные значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены без утепления и дефектов были занесены в таблицу 3.1.1.1

Таблица 3.1.1.1 – Значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены без утепления и дефектов

Кол-во измерений	Без дефекта, без утепления			
	$q_1, \text{Вт/м}^2$	$q_2, \text{Вт/м}^2$	$q_3, \text{Вт/м}^2$	$q_4, \text{Вт/м}^2$
1	135,9	136,9	134,2	130,3
2	133,2	135,9	135,1	130,2
3	131,2	134,8	135,1	129,1
4	134,6	134,9	134,9	128,9
5	134,2	133,9	133,9	129,5
6	133,9	132,4	134,5	129,4
7	134,2	132,6	134,2	129,6
8	132,9	132,6	133,2	129,6
9	132,7	131,9	133,4	129,2
10	133,5	132,9	133,4	129,1
11	133,8	132,8	132,9	129,2
12	134	132,7	133,1	128,9
13	134,2	132,8	132,8	129,2
14	134,1	132,8	133,1	128,9
15	133,2	133,1	132,8	129,3
Среднее	133,6			129,4
Относительная погрешность прямых измерений				
$\Delta q$	0,335			0,237

Примечание:  $q_1, q_2, q_3, q_4$  - значения тепловых потоков ( $\text{Вт/м}^2$ ), снятые соответственно с датчиков  $q_1, q_2, q_3, q_4$

### 3.1.2 Стена с утеплением 50 мм без дефектов

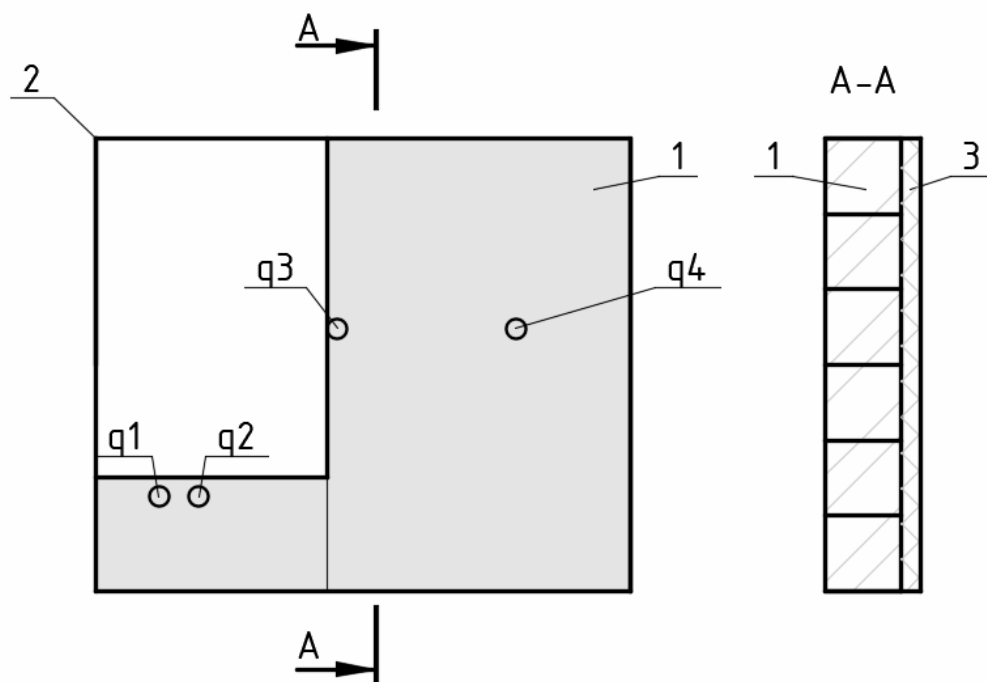


Рисунок 3.1.2.1 Схема исследуемого фрагмента с утеплением 50 мм без дефектов

1 – стена из шлакоблока; 2 – витраж; 3 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол;

$q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  – датчики теплового потока



Рисунок 3.1.2.2 Исследуемый фрагмент с утеплением 50 мм без дефектов



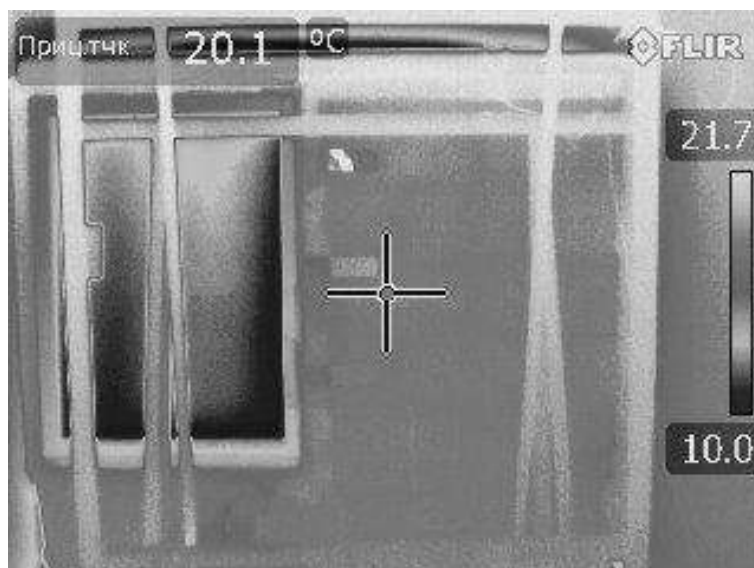


Рисунок 3.1.2.3 Термограмма исследуемого фрагмента с утеплением 50 мм без дефектов

Полученные значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 50 мм без дефектов были занесены в таблицу 3.1.2.1

Таблица 3.1.2.1 – Значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 50 мм без дефектов

Кол-во измерений	Без дефекта, с утеплением 50мм			
	$q_1, \text{Вт/м}^2$	$q_2, \text{Вт/м}^2$	$q_3, \text{Вт/м}^2$	$q_4, \text{Вт/м}^2$
1	42,8	42,9	42,9	36,7
2	42,5	42,6	42,6	36,4
3	41,7	41,8	41,8	35,6
4	41,5	41,6	41,6	35,4
5	40,8	40,9	40,9	34,7
6	40,9	41	41	34,8
7	40,3	40,4	40,4	34,2
8	40,5	40,7	40,6	34,4
9	41,2	41,4	41,3	35,1
10	39,8	40	39,9	33,7
11	39,3	39,5	39,4	33,2
12	38,8	39	38,9	32,7
13	38,2	38,4	38,3	32,1
14	38,1	38,3	38,2	32
15	37,9	38,1	38	31,8
Среднее	40,3			34,2
Относительная погрешность прямых измерений				
$\Delta q$	0,457			0,792

Примечание:  $q_1, q_2, q_3, q_4$  - значения тепловых потоков ( $\text{Вт/м}^2$ ), снятые соответственно с датчиков  $q_1, q_2, q_3, q_4$

### 3.1.3 Стена с утеплением 100 мм без дефектов

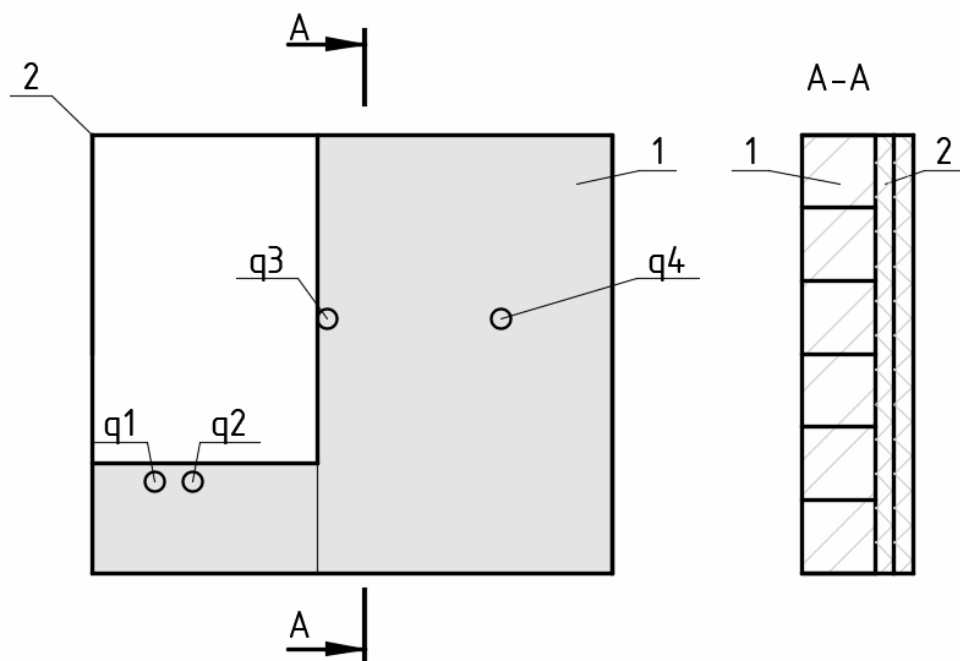


Рисунок 3.1.3.1 Схема исследуемого фрагмента с утеплением 100 мм без дефектов

1 – стена из шлакоблока; 2 – витраж; 3 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол;

$q_1, q_2, q_3, q_4$  – датчики теплового потока



Рисунок 3.1.3.2 Исследуемый фрагмент с утеплением 100 мм без дефектов

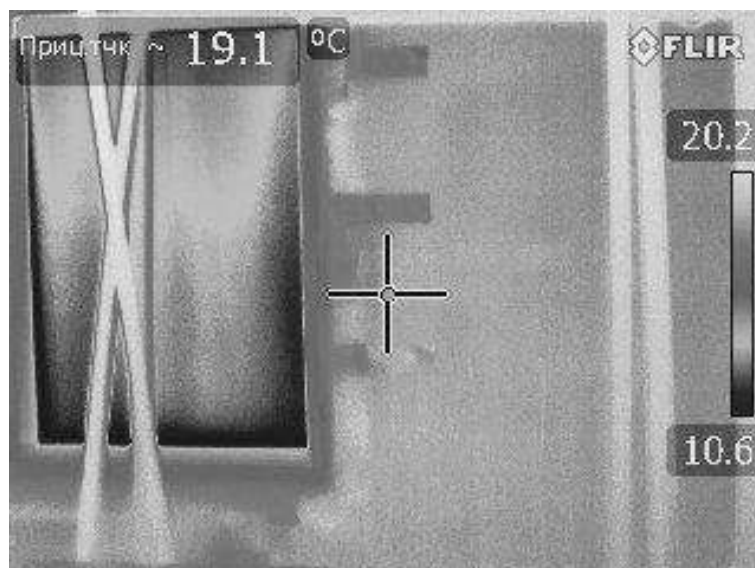


Рисунок 3.1.3.4 Термограмма исследуемого фрагмента с утеплением 100 мм без дефектов

Полученные значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 100 мм без дефектов были занесены в таблицу 3.1.3.1

Таблица 3.1.3.1 – Значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 100 мм без дефектов

Кол-во измерений	Без дефекта, с утеплением 100мм			
	$q_1, \text{Вт/м}^2$	$q_2, \text{Вт/м}^2$	$q_3, \text{Вт/м}^2$	$q_4, \text{Вт/м}^2$
1	23,2	24,4	21,3	19,6
2	22,9	24,6	21,3	19,2
3	23,1	24,5	21,1	18,8
4	22,7	23,8	21,1	18,5
5	22,5	23,6	21,4	18,4
6	22,4	23,5	21,3	18,1
7	22,4	23,6	20,9	17,5
8	22,1	23,2	21	17,6
9	21,9	22,9	20,7	17,4
10	21,5	22,5	20,8	17
11	21,6	22,6	21	16,8
12	21,1	22,1	20,9	16,5
13	20,9	22	21,1	16,7
14	20,8	21,8	20,8	16,9
15	20,9	21,9	20,8	17
Среднее	22,1			18
Относительная погрешность прямых измерений				
$\Delta q$	0,340			0,529

Примечание:  $q_1, q_2, q_3, q_4$  - значения тепловых потоков ( $\text{Вт/м}^2$ ), снятые соответственно с датчиков  $q_1, q_2, q_3, q_4$ ;

### 3.1.4 Стена без утепления с дефектами

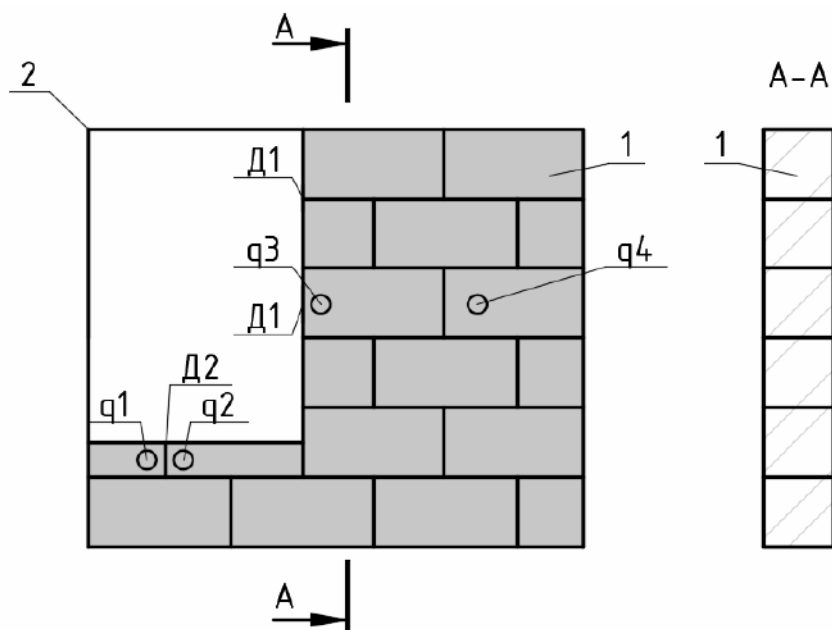


Рисунок 3.1.4.1 Схема исследуемого фрагмента без утепления с дефектами  
 1 – стена из шлакоблока; 2 – витраж; Д1 – дефект монтажного шва (неравномерное заполнение), Д2 – дефект кладки (разрушение межкладочного шва);  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  – датчики теплового потока



Рисунок 3.1.4.2 Исследуемый фрагмент без утепления с дефектами

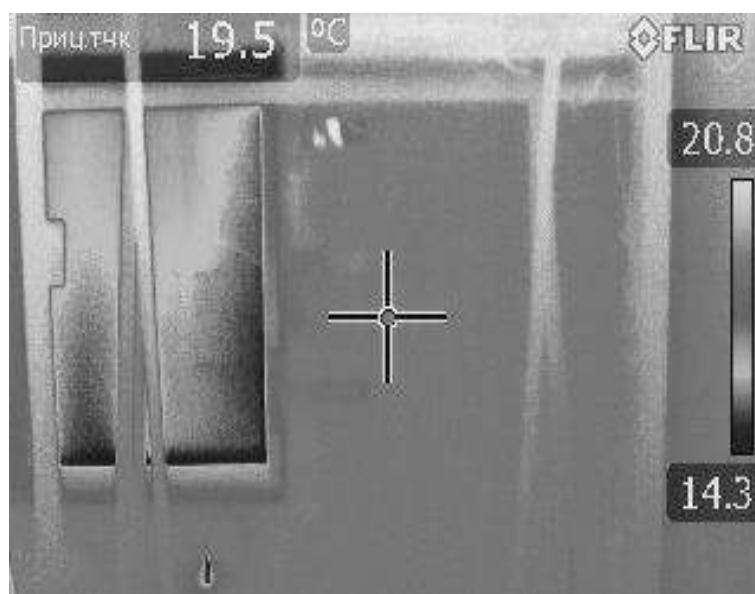


Рисунок 3.1.4.3 Термограмма исследуемого фрагмента без утепления с дефектами

Полученные значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены без утепления с дефектами были занесены в таблицу 3.1.4.1

Таблица 3.1.4.1 – Значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены без утепления с дефектами

Кол-во измерений	Дефект кладки и пены, без утепления			
	$q_1$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q_2$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q_3$ , Вт/м <sup>2</sup>	$q_4$ , Вт/м <sup>2</sup>
1	146,2	146,9	131,3	122,8
2	146,4	147,1	130,9	122,4
3	146,5	147,2	131	122,5
4	146,2	146,9	130,2	121,7
5	146,1	146,8	130,3	121,8
6	145,6	146,3	130	121,5
7	145,4	146,1	129,7	121,2
8	144,9	145,6	129,8	121,3
9	144,2	144,9	129,9	121,4
10	144,3	145	129,6	121,1
11	144	144,7	129,4	120,9
12	143,9	144,6	129,3	120,8
13	144,1	144,8	129	120,5
14	144,5	145,2	128,7	120,2
15	144,5	145,2	128,8	120,3
Среднее	145,5		129,9	121,4
Относительная погрешность прямых измерений				
$\Delta q$	0,381		0,433	0,404

Примечание:  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  - значения тепловых потоков (Вт/м<sup>2</sup>), снятые соответственно с датчиков  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$ .

### 3.1.5 Стена с утеплением 50 мм с дефектами

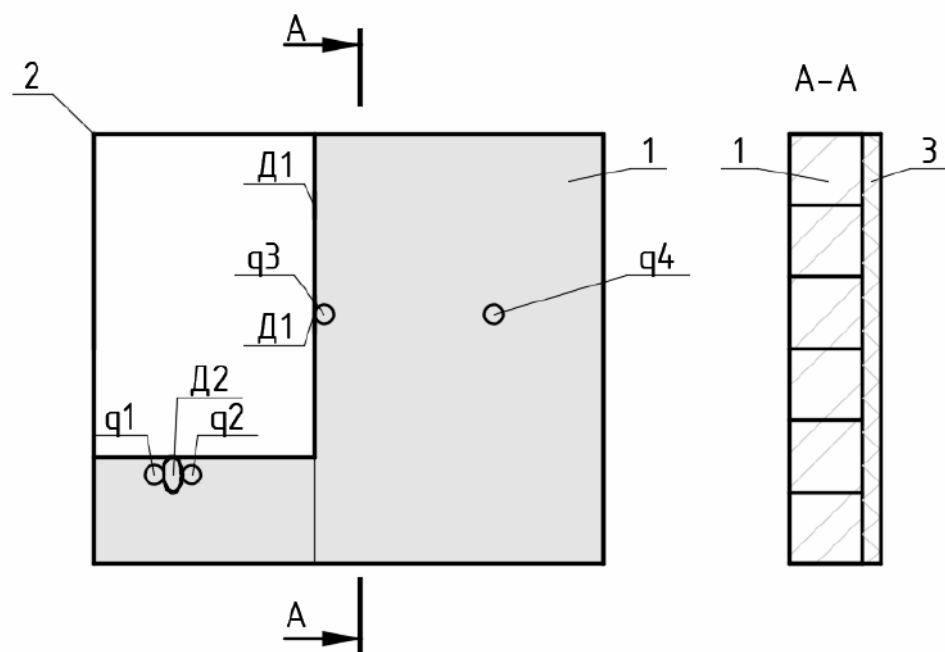


Рисунок 3.1.5.1 Схема исследуемого фрагмента с утеплением 50 мм с дефектами

1 – стена из шлакоблока; 2 – витраж; 3 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол; Д1 – дефект монтажного шва (неравномерное заполнение), Д2 – дефект кладки (разрушение межкладочного шва);  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  – датчики теплового потока

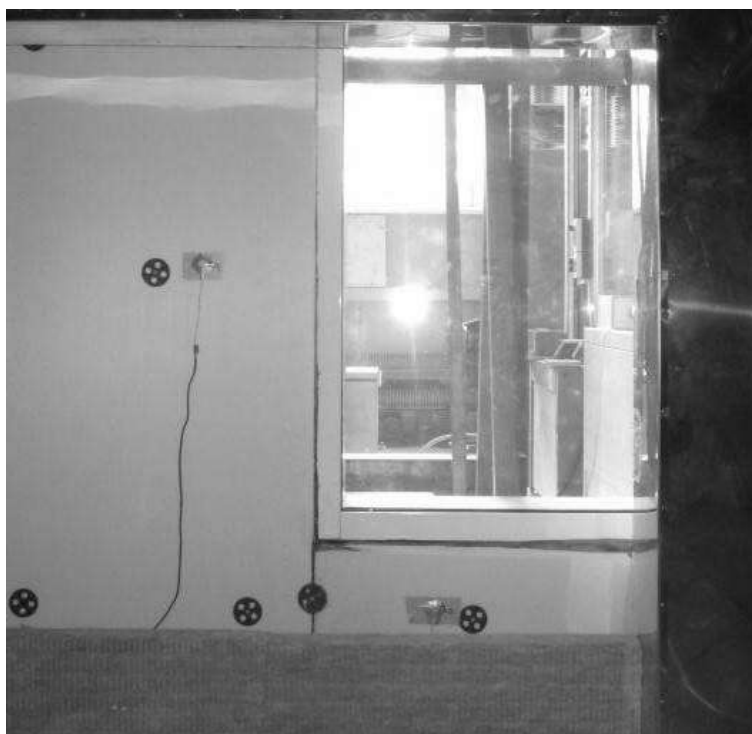


Рисунок 3.1.5.2 Исследуемый фрагмент с утеплением 50 мм с дефектами

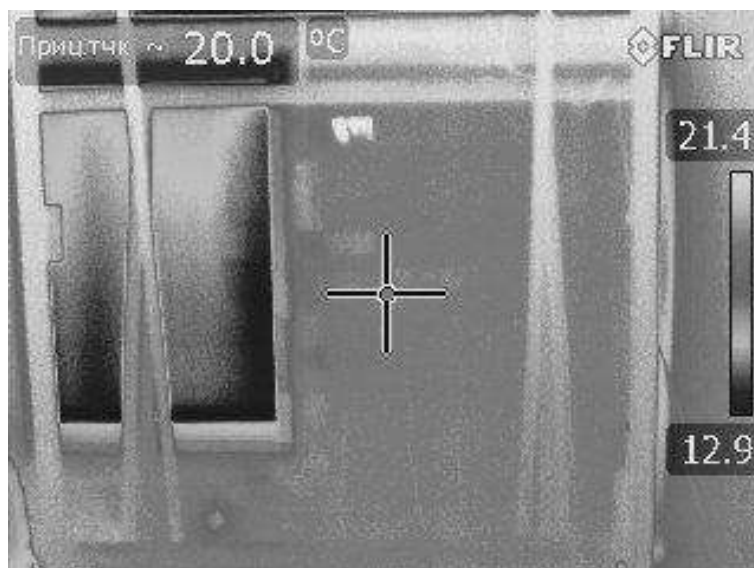


Рисунок 3.1.5.3 Термограмма исследуемого фрагмента с утеплением 50 мм с дефектами

Полученные значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 50 мм с дефектами были занесены в таблицу 3.1.5.1

Таблица 3.1.5.1 – Значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 50 мм с дефектами

Кол-во измерений	Дефект кладки и пены, с утеплением 50 мм			
	$q_1, \text{Вт/м}^2$	$q_2, \text{Вт/м}^2$	$q_3, \text{Вт/м}^2$	$q_4, \text{Вт/м}^2$
1	42,5	42,4	46	35,8
2	42,2	42,1	45,7	35,5
3	41,4	41,3	44,9	34,7
4	41,2	41,1	44,7	34,5
5	40,5	40,4	44	33,8
6	40,6	40,5	44,1	33,9
7	40	39,9	43,5	33,3
8	40,2	40,1	43,7	33,5
9	40,9	40,8	44,4	34,2
10	39,5	39,4	43	32,8
11	39	38,9	42,5	32,3
12	38,5	38,4	42	31,8
13	37,9	37,8	41,4	31,2
14	37,8	37,7	41,3	31,1
15	37,6	37,5	41,1	30,9
Среднее	39,9		43,5	33,3
Относительная погрешность прямых измерений				
$\Delta q$	0,576		0,867	0,792

Примечание:  $q_1, q_2, q_3, q_4$  - значения тепловых потоков ( $\text{Вт/м}^2$ ), снятые соответственно с датчиков  $q_1, q_2, q_3, q_4$ .

### 3.1.6 Стена с утеплением 100 мм с дефектами

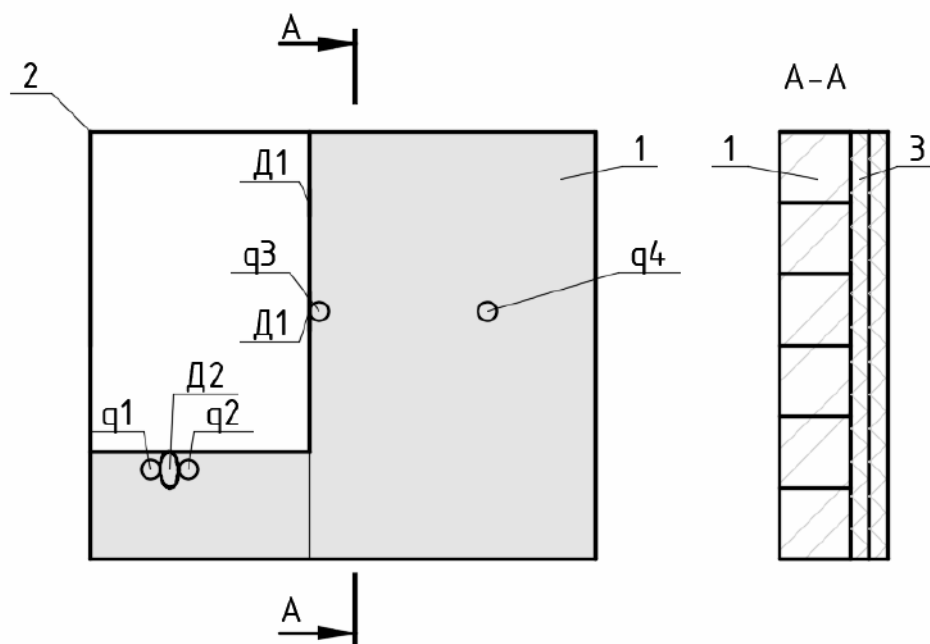


Рисунок 3.1.6.1 Схема исследуемого фрагмента с утеплением 100 мм с дефектами

1 – стена из шлакоблока; 2 – витраж; 3 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол; Д1 – дефект монтажного шва (неравномерное заполнение), Д2 – дефект кладки (разрушение межкладочного шва);  $q_1$ ,  $q_2$ ,  $q_3$ ,  $q_4$  – датчики теплового потока

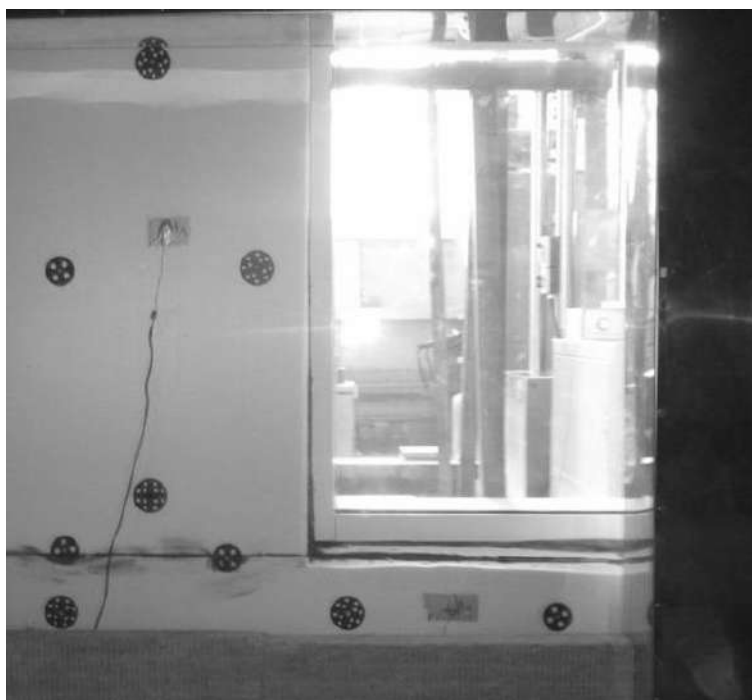


Рисунок 3.1.6.2 Исследуемый фрагмент с утеплением 100 мм с дефектами



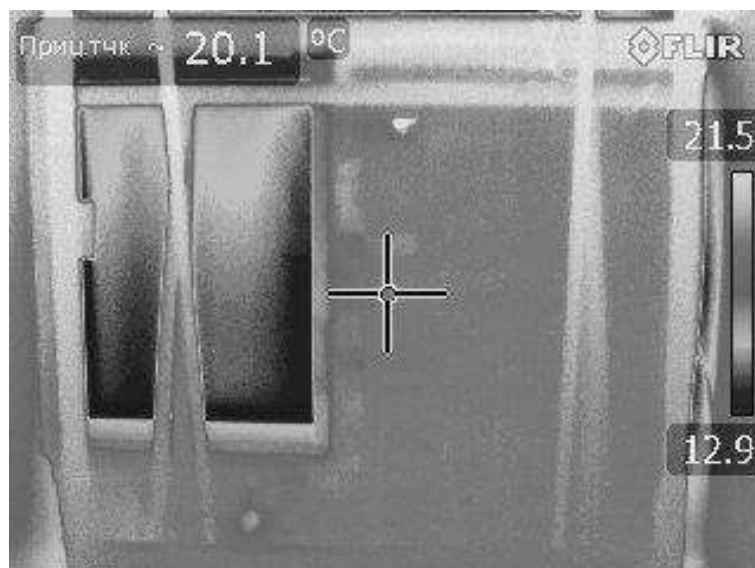


Рисунок 3.1.6.3 Термограмма исследуемого фрагмента с утеплением 100 мм с дефектами

Полученные значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 100 мм с дефектами были занесены в таблицу 3.1.6.1

Таблица 3.1.6.1– Значения тепловых потоков  $q$  в характерных зонах стены с утеплением 100 мм с дефектами

Кол-во измерений	Дефект кладки и пены, с утеплением 100 мм			
	$q_1, \text{Вт/м}^2$	$q_2, \text{Вт/м}^2$	$q_3, \text{Вт/м}^2$	$q_4, \text{Вт/м}^2$
1	23,6	23,9	26	20,1
2	23,3	23,6	26,2	19,7
3	23,5	23,8	26,1	19,3
4	23,1	23,4	25,4	19
5	22,9	23,2	25,2	18,9
6	22,8	23,1	25,1	18,6
7	22,8	23,1	25,2	18
8	22,5	22,8	24,8	18,1
9	22,3	22,6	24,5	17,9
10	21,9	22,2	24,1	17,5
11	22	22,3	24,2	17,3
12	21,5	21,8	23,7	17
13	21,3	21,6	23,6	17,2
14	21,2	21,5	23,4	17,4
15	21,3	21,6	23,5	17,5
Среднее	22,6		25	18,2
Относительная погрешность прямых измерений				
$\Delta q$	0,309		0,533	0,527

Примечание:  $q_1, q_2, q_3, q_4$  - значения тепловых потоков ( $\text{Вт/м}^2$ ), снятые соответственно с датчиков  $q_1, q_2, q_3, q_4$ .

### 3.1.7 Результаты экспериментального исследования

Данные по 6 экспериментальным замерам были сведены в таблицу 3.1.7.1:

Таблица 3.1.7.1 – Результаты лабораторного эксперимента

№	Эксперимент	Потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью $Q_L$ , Вт/м	Потери теплоты через однородный участок фрагмента $Q$ , Вт/м	Дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность $\Delta Q_L$ , Вт/м	Разность температур $\Delta t$ , °С	Удельные потери теплоты через узел оконного откоса $\Psi$ , Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)
Без утепления						
1	Без дефекта, без утепления	133,6	129,4	4,2	55	0,076
2	Дефект кладки, без утепления	145,5	121,4	24,1	55	0,438
3	Дефект пены, без утепления	129,9	121,4	8,5	55	0,154
4	Дефект кладки и пены, без утепления	140,2	121,4	18,8	55	0,342
50 мм утепления						
5	Без дефекта, с утеплением 50мм	40,3	34,2	6,1	55	0,111
6	Дефект кладки, с утеплением 50мм	39,9	33,3	6,6	55	0,120
7	Дефект пены, с утеплением 50мм	43,5	33,3	10,2	55	0,185
8	Дефект кладки и пены, с утеплением 50мм	41,1	33,3	7,8	55	0,142
100 мм утепления						
9	Без дефекта, с утеплением 100мм	22,1	18,0	4,1	55	0,074
10	Дефект кладки, с утеплением 100мм	22,6	18,2	4,4	55	0,080
11	Дефект пены с утеплением 100мм	25,0	18,2	6,8	55	0,124
12	Дефект кладки и пены, с утеплением 100мм	23,2	18,2	5,0	55	0,091

Где:

$Q_L$  - потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью, приходящиеся на 1 пог.м стыка, являющиеся результатом расчета значения тепловых потоков, Вт/м;

$Q$  - потери теплоты через участок однородного фрагмента, вошедший в расчетную область при расчете значения тепловых потоков в области с линейной теплотехнической неоднородностью, Вт/м;

$\Delta Q_L$  - дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность, приходящиеся на 1 пог.м, Вт/м, определяемые по формуле (3.1.7.1):

$$\Delta Q_L = Q_L - Q \quad (3.1.7.1)$$

$\Delta t$  – разница температур внутреннего  $t_v$  и наружного  $t_n$  воздуха °С, определяемая по формуле (3.1.7.2):

$$\Delta t = t_v - t_n \quad (3.1.7.2)$$

$\Psi$  – удельные потери теплоты через узел оконного откоса Вт/(м·°С), определяются по формуле (3.1.7.3):

$$\Psi = \frac{\Delta Q_L}{\Delta t} \quad (3.1.7.3)$$

### Сравнительные графики влияния дефектов линейных элементов:



Рисунок 3.1.7.1 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при отсутствии теплоизоляции фасада

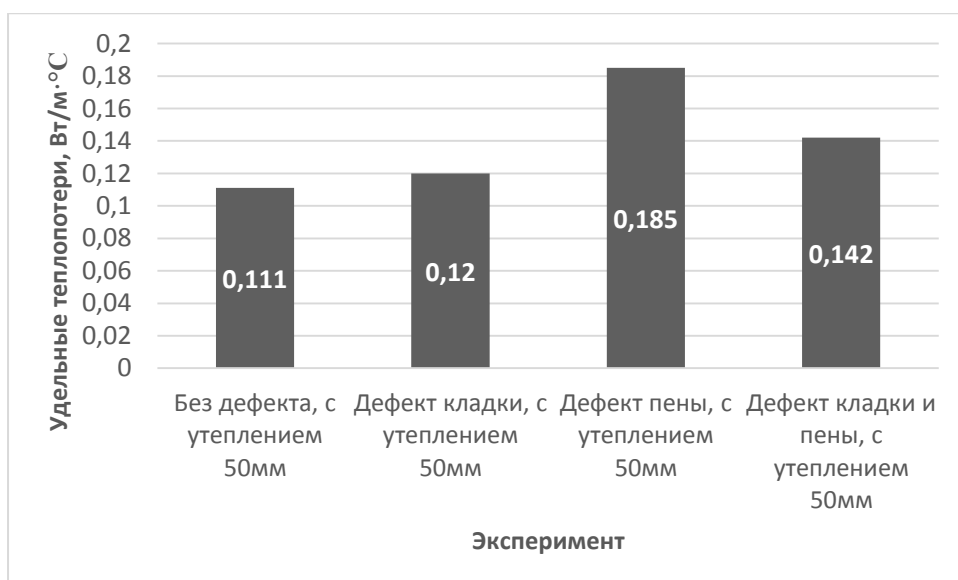


Рисунок 3.1.7.2 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм

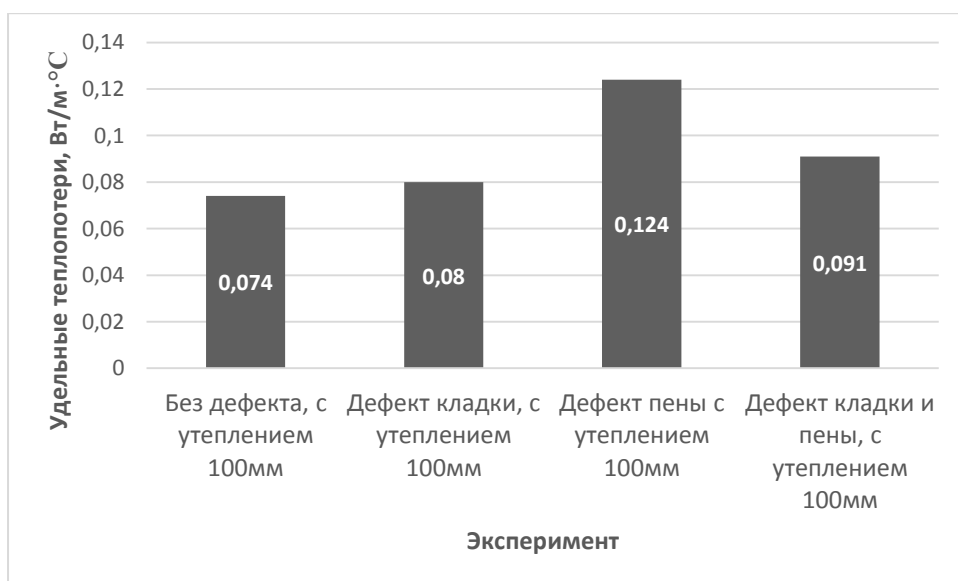


Рисунок 3.1.7.3 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм

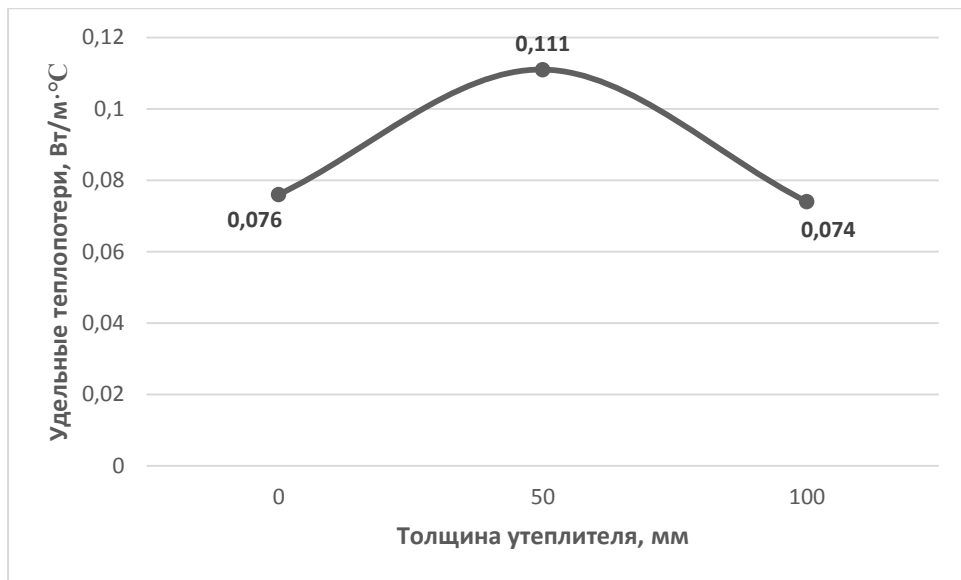


Рисунок 3.1.7.4 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения без дефекта от толщины утеплителя

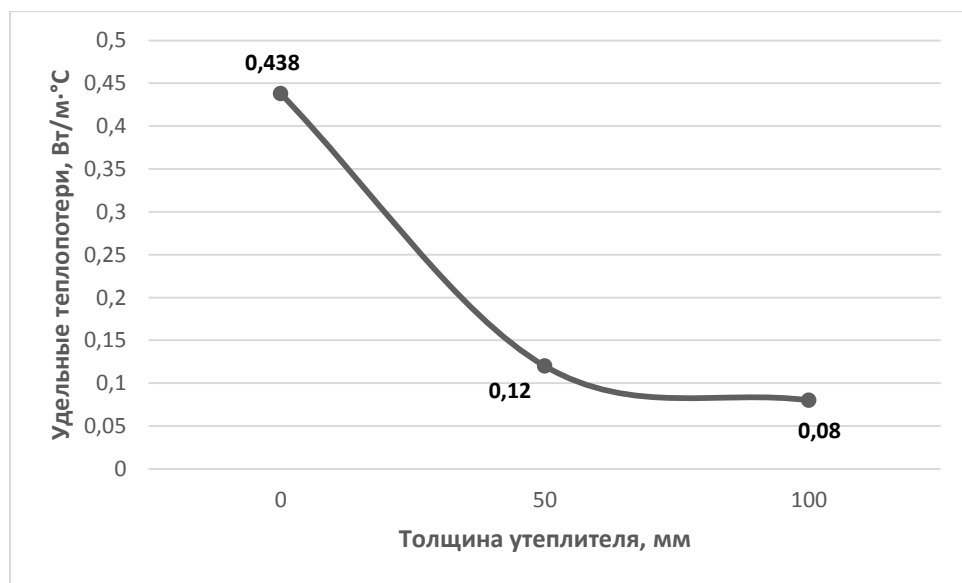


Рисунок 3.1.7.5 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектом кладки (растрескивание межкладочного шва) от толщины утеплителя

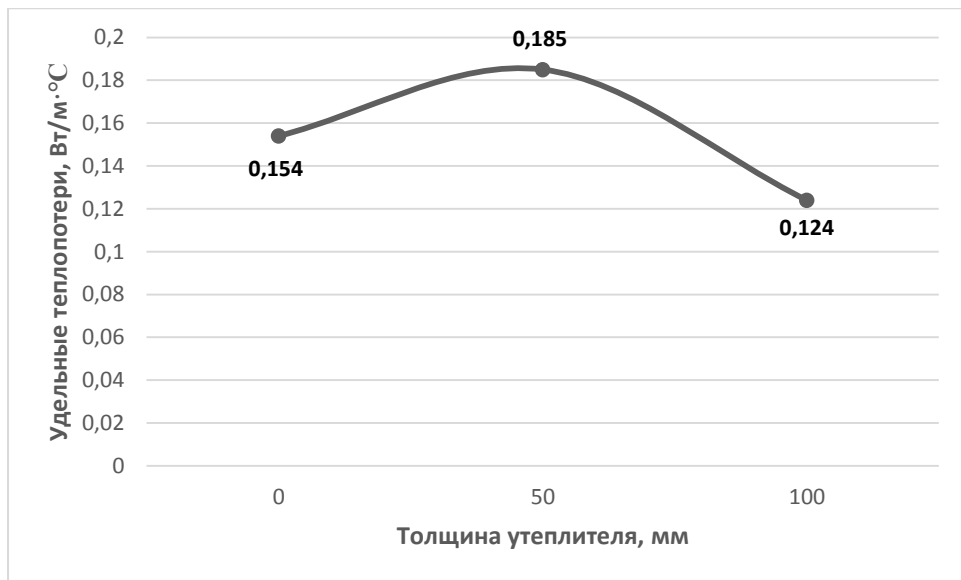


Рисунок 3.1.7.6 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектом пены (неравномерное заполнение) от толщины утеплителя

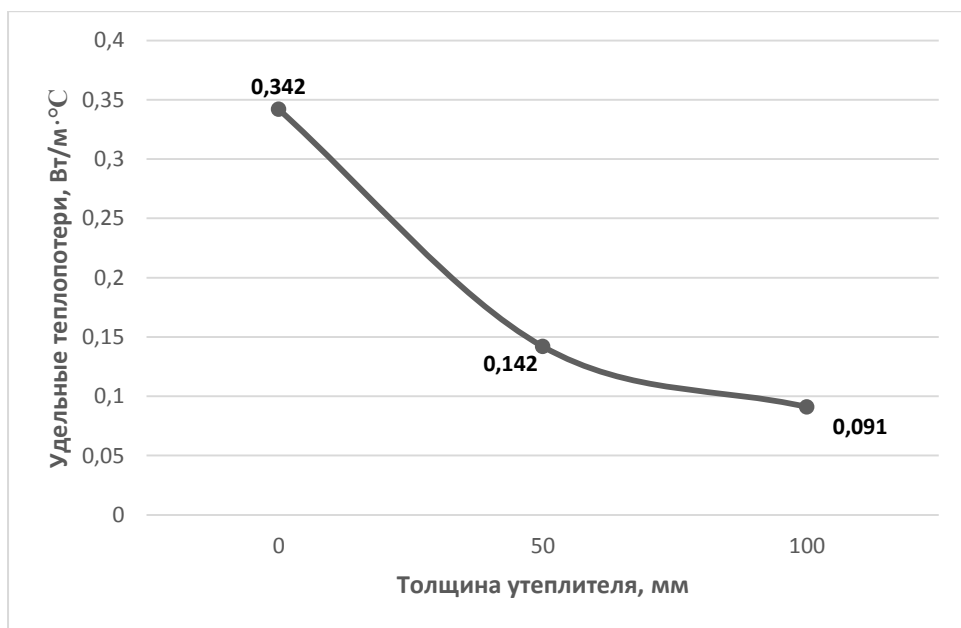


Рисунок 3.1.7.7 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектами кладки (растрескивание межкладочного шва) и пены (неравномерное заполнение) от толщины утеплителя

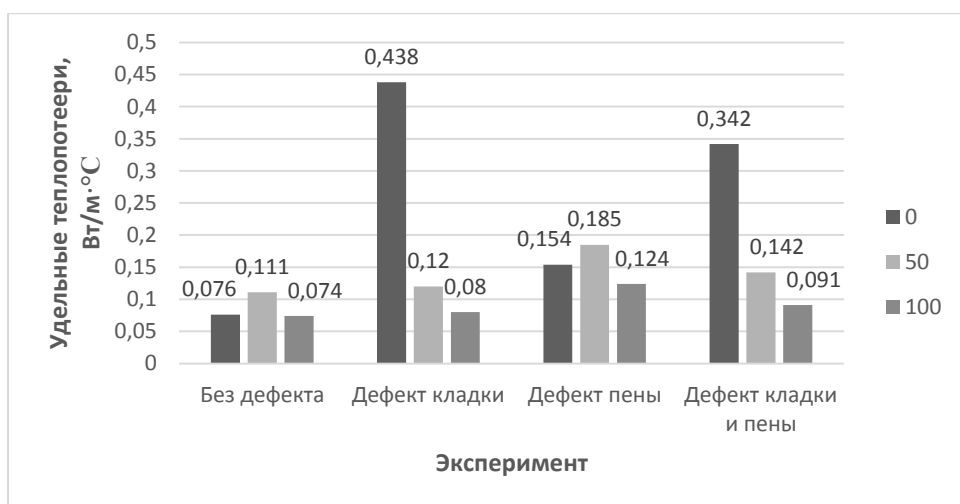


Рисунок 3.1.7.8 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при разной толщине теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол

#### Подведение результатов экспериментального исследования:

1. Наибольшие удельные теплотери (0,438 Вт/м·°С) при отсутствии теплоизоляции фасада зафиксированы при дефекте кладки (разрушение межкладочного шва).

2. Наибольшие удельные теплотери (0,185 Вт/м·°С) при утеплении фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм зафиксированы при дефекте пены (неравномерное заполнение).

3. Наибольшие удельные теплотери (0,124 Вт/м·°С) при утеплении фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм зафиксированы при дефекте пены (неравномерное заполнение).

4. Максимальная в ходе эксперимента теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при отсутствии дефектов на 2,63%.

5. Максимальная в ходе эксперимента теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при дефекте кладки (разрушение межкладочного шва) на 81,7%.

6. Максимальная в ходе эксперимента теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при дефекте пены (неравномерное заполнение) на 19,48%.

7. Максимальная в ходе эксперимента теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при дефектах кладки (растрескивание межкладочного шва) и пены (неравномерное заполнение) на 73,4%.

8. Теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм в экспериментах при отсутствии дефектов и дефекте пены (неравномерное заполнение) вызывало увеличение удельных теплотерь на 46,1% и 29,1% соответственно.

**Выводы по результатам экспериментального исследования:**

1. Наиболее значимым дефектом линейных элементов оконной конструкции (наибольшие удельные теплотери) при теплоизоляции фасадов экструдированным пенополистиролом Экстрол является дефект пены (неравномерное заполнение), по совместительству и самым распространенным.

2. Использование малой толщины плит экструдированного пенополистирола Экстрол (менее 100 мм) при выбранных расчетных данных (г. Челябинск: температура наружного воздуха -34°C, температура внутреннего воздуха 21°C) может ухудшить энергоэффективность стенового ограждения.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		59



### 3.2 Методика исследования влияния дефектов фрагмента стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций с помощью программы «ELCUT»

Для оценки возможности использования современного программного обеспечения в целях изучения энергоэффективности стенового ограждения после лабораторного эксперимента проводилось компьютерное моделирование в ПК «ELCUT» V.5.10 и сравнение их результатов.

Было проанализировано 12 моделей стенового ограждения с витражным остеклением при разных вариациях утепления и дефектов. Рассматривалось 2 типа сечения: по витражу А-А и по кладке Б-Б (рисунок 3.2.1):

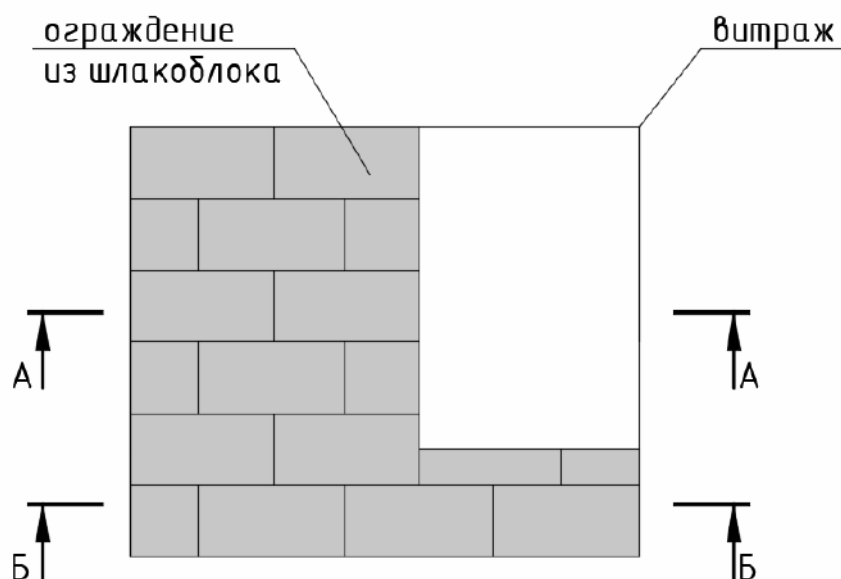


Рисунок 3.2.1 Типы сечений при моделировании в ПК «ELCUT»  
А-А – сечение по витражу, Б-Б – сечение по кладке

#### 3.2.1 Сечение без утеплителя по витражу без дефекта

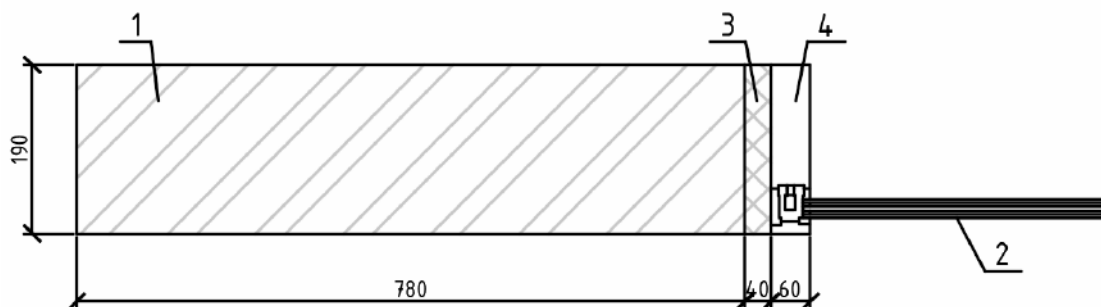


Рисунок 3.2.1.1 Схема сечения узла примыкания оконного блока к стеновому проему без утеплителя и без дефекта  
1 – стена из шлакоблока; 2 – витражное остекление; 3 – монтажный шов (монтажная пена); 4 – алюминиевая стойка

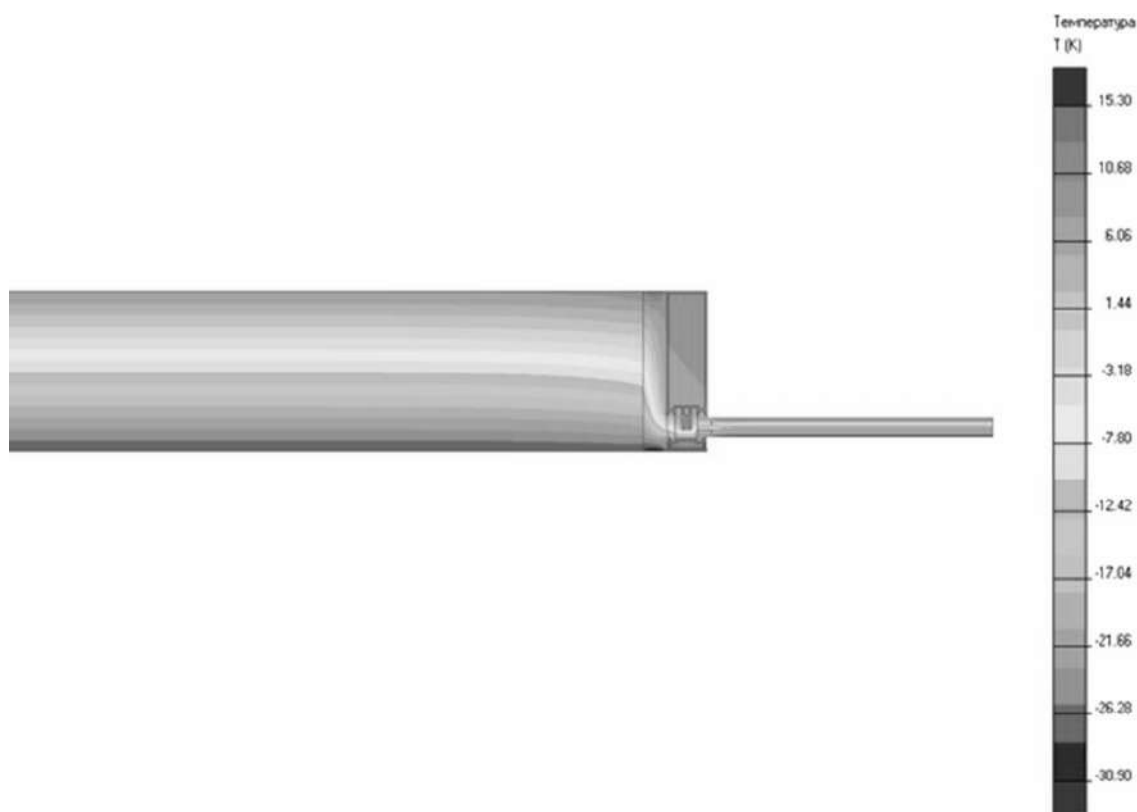


Рисунок 3.2.1.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения стены без утеплителя по витражу без дефекта

Таблица 3.2.1 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены без утеплителя по витражу без дефекта

Потери теплоты через расчетную область, Вт/м	
$Q_L$	131,9

### 3.2.2. Сечение без утеплителя по витражу с дефектом

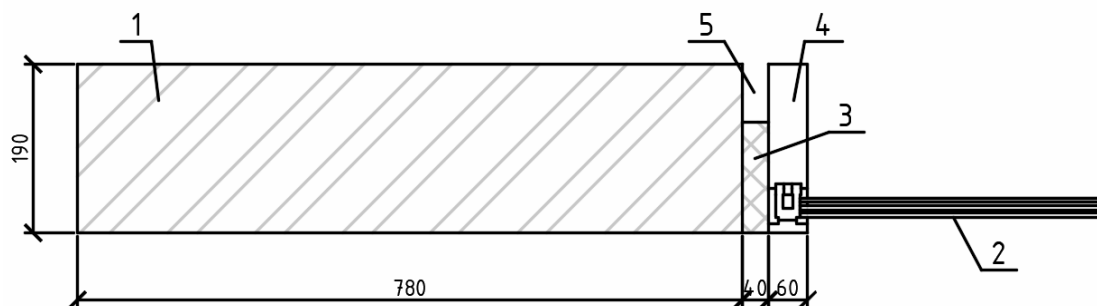


Рисунок 3.2.2.1 Схема сечения узла примыкания оконного блока к стеновому проему с дефектом без утеплителя

1 – стена из шлакоблока; 2 – витражное остекление; 3 – монтажный шов (монтажная пена); 4 – алюминиевая стойка; 5 – дефект монтажного шва (неравномерное заполнение).

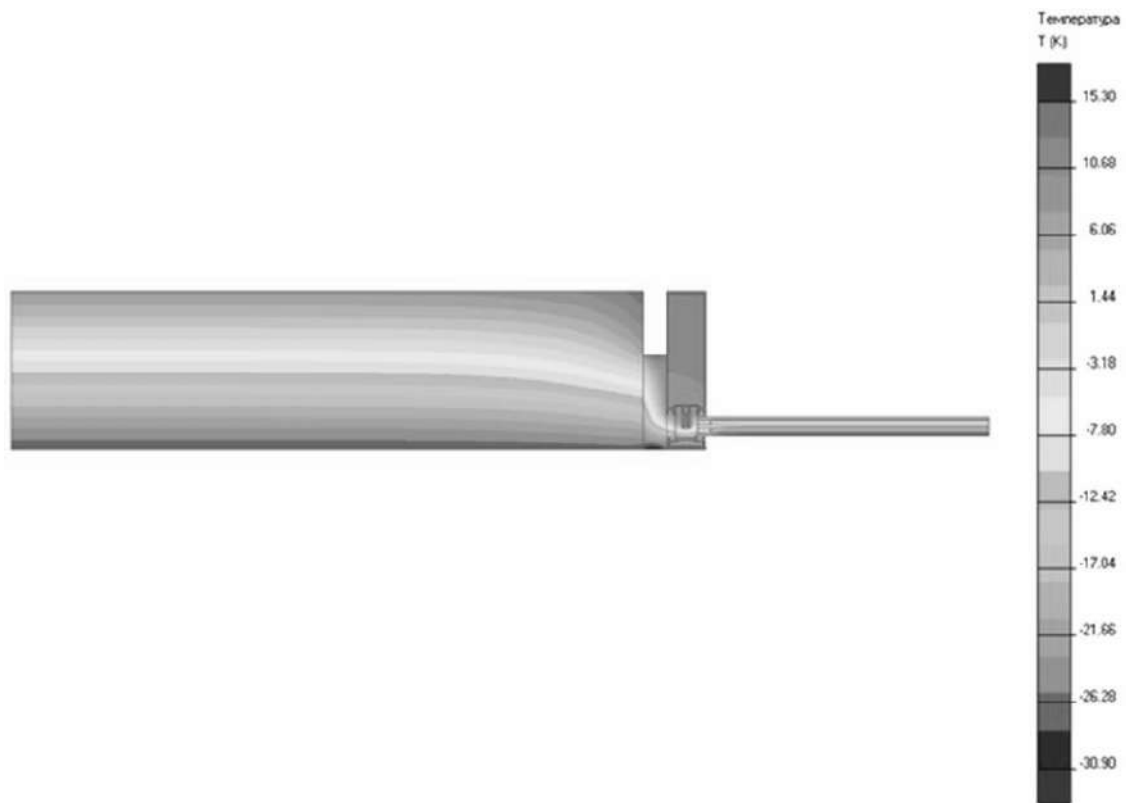


Рисунок 3.2.2.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения стены без утеплителя по витражу с дефектом

Таблица 3.2.2 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены без утеплителя по витражу без дефекта

Потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью, Вт/м	
$Q_L$	135,1

### 3.2.3. Сечение с 50 мм утеплителя по витражу без дефекта

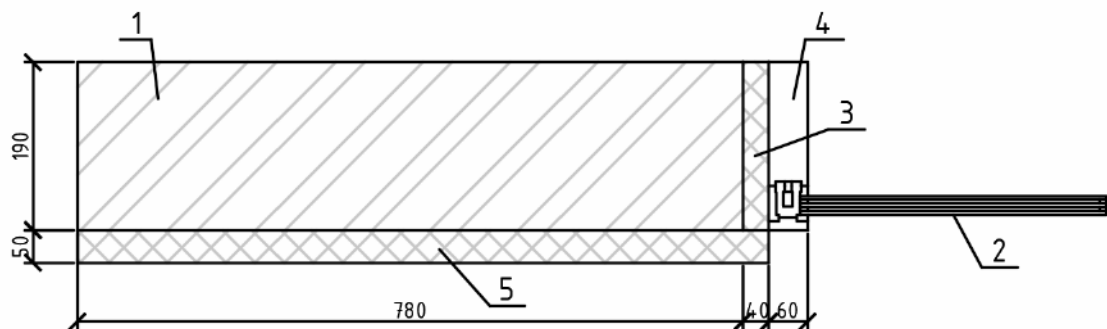


Рисунок 3.2.3.1 Схема сечения узла примыкания оконного блока к стеновому проему без дефекта с 50 мм утеплителя

1 – стена из шлакоблока; 2 – витражное остекление; 3 – монтажный шов (монтажная пена); 4 – алюминиевая стойка; 5 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол.

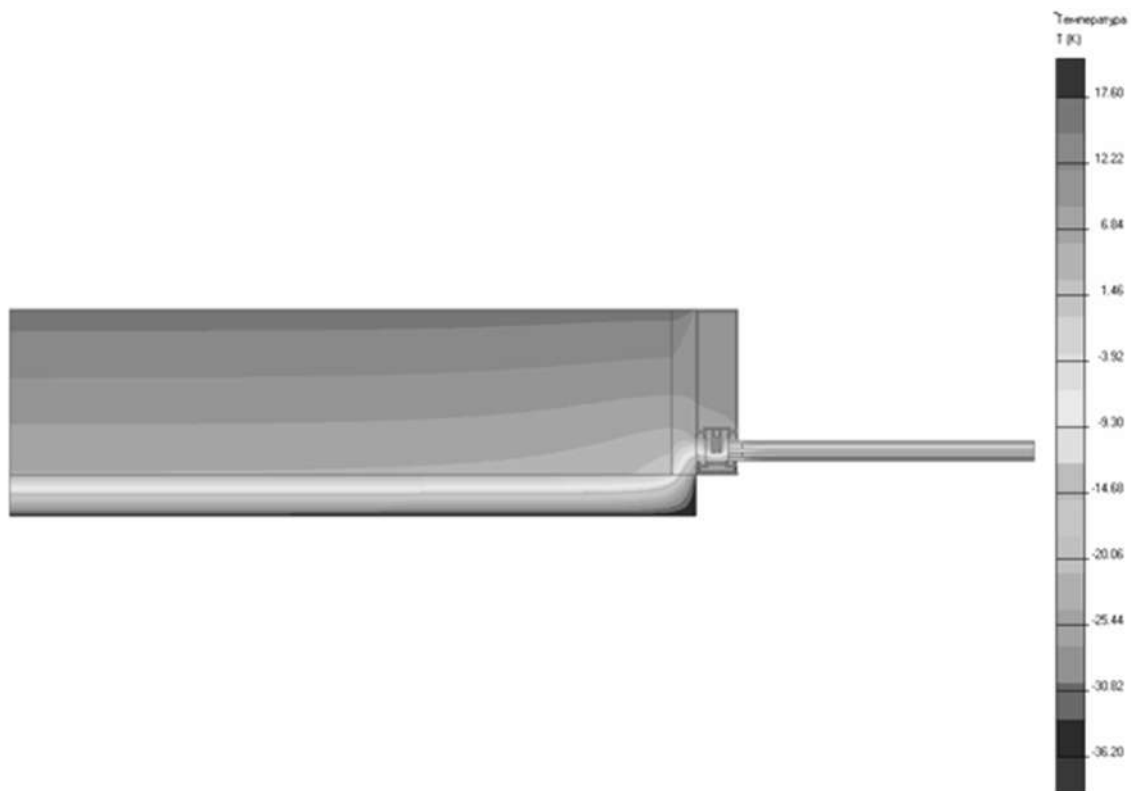


Рисунок 3.2.3.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения стены с 50 мм утеплителя по витражу без дефекта.

Таблица 3.2.3 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены с 50 мм утеплителя по витражу без дефекта.

Потери теплоты через расчетную область, Вт/м	
$Q_L$	39,7

### 3.2.4. Сечение с 50 мм утеплителя по витражу с дефектом

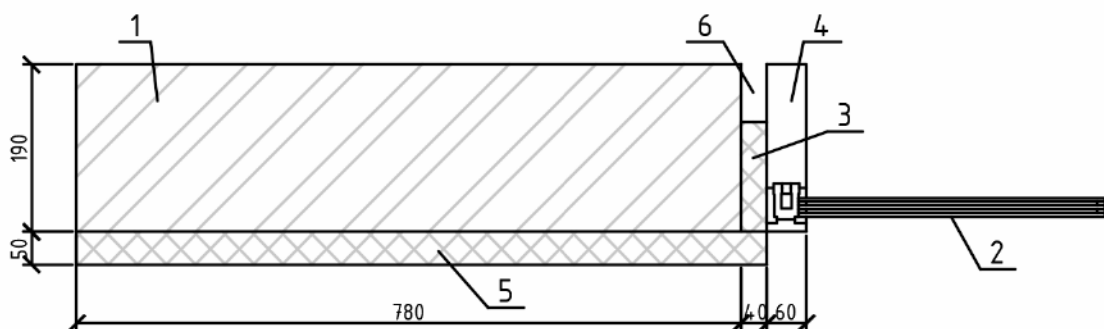


Рисунок 3.2.4.1 Схема сечения узла примыкания оконного блока к стеновому проему с 50 мм утеплителя и дефектом.

1 – стена из шлакоблока; 2 – витражное остекление; 3 – монтажный шов (монтажная пена); 4 – алюминиевая стойка; 5 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол; 6 - дефект монтажного шва (неравномерное заполнение).

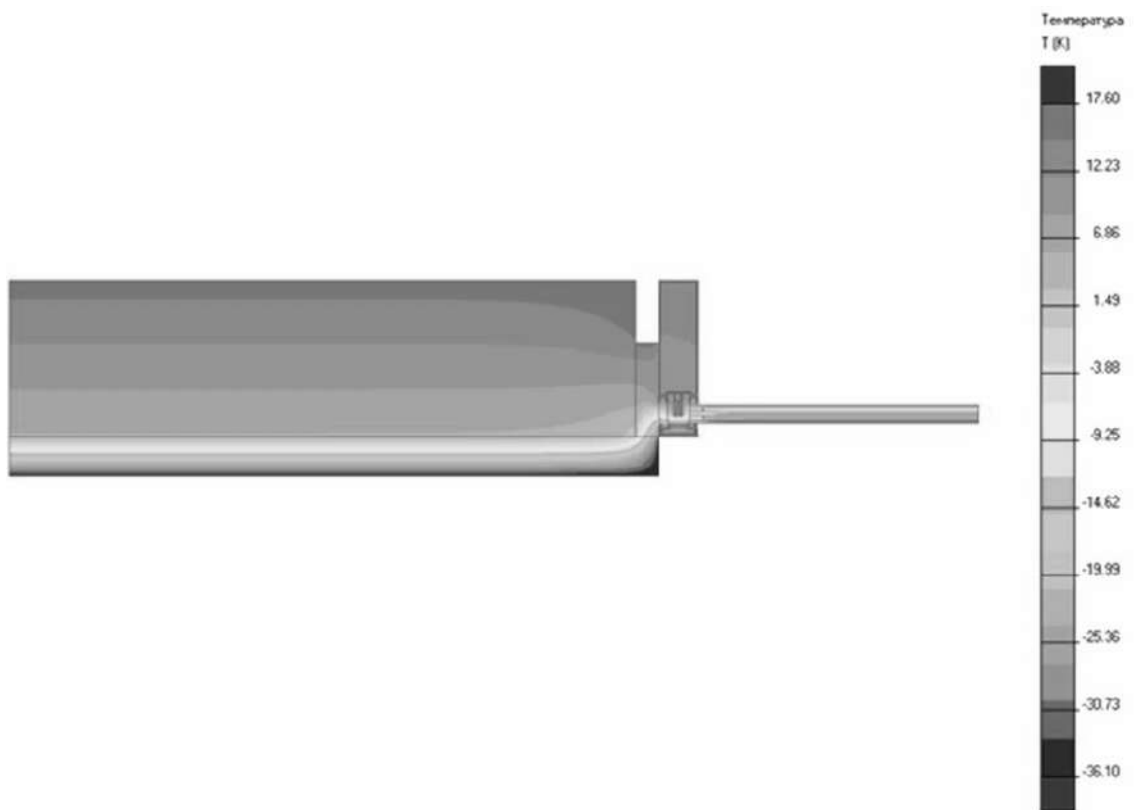


Рисунок 3.2.4.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения стены с 50 мм утеплителя по витражу с дефектом.

Таблица 3.2.4 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены с 50 мм утеплителя по витражу без дефекта.

Потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью, Вт/м	
$Q_L$	42,3

### 3.3.5. Сечение с 100 мм утеплителя по витражу без дефекта

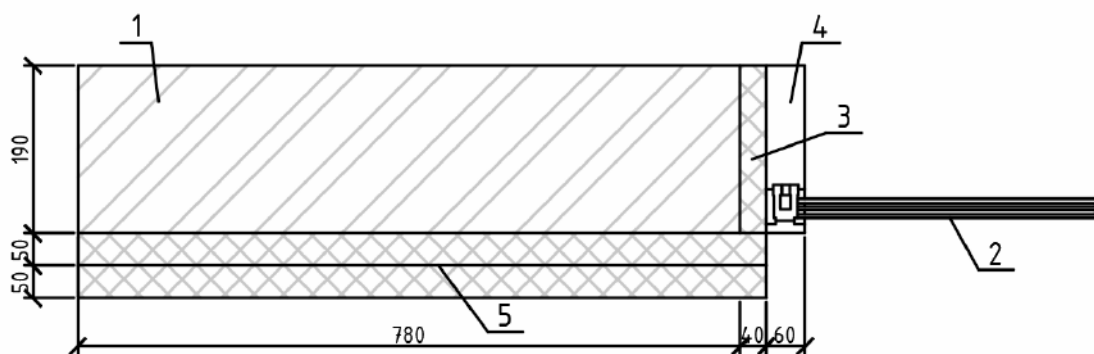


Рисунок 3.2.3.1 Схема сечения узла примыкания оконного блока к стеновому проему без дефекта со 100 мм утеплителя .

1 – стена из шлакоблока; 2 – витражное остекление; 3 – монтажный шов (монтажная пена); 4 – алюминиевая стойка; 5 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол.

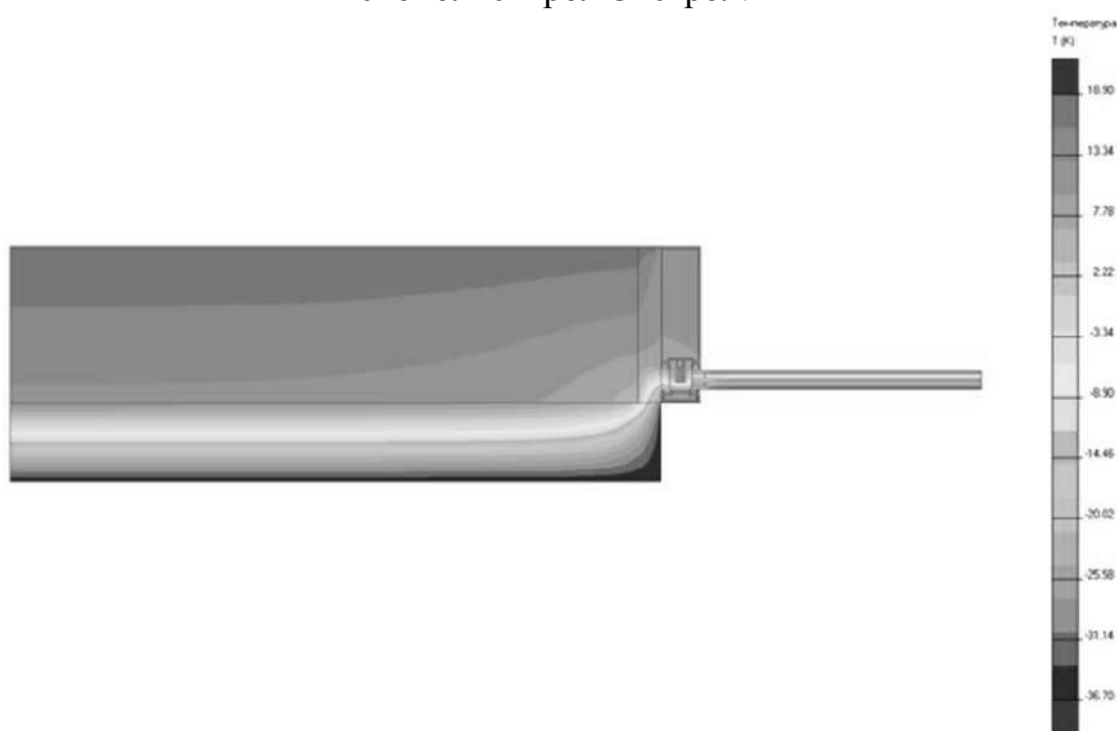


Рисунок 3.2.5.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения стены с 100 мм утеплителя по витражу без дефекта.

Таблица 3.2.5 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены с 100 мм утеплителя по витражу без дефекта.

Потери теплоты через расчетную область, Вт/м	
$Q_L$	22,5

### 3.2.6. Сечение с 100 мм утеплителя по витражу с дефектом

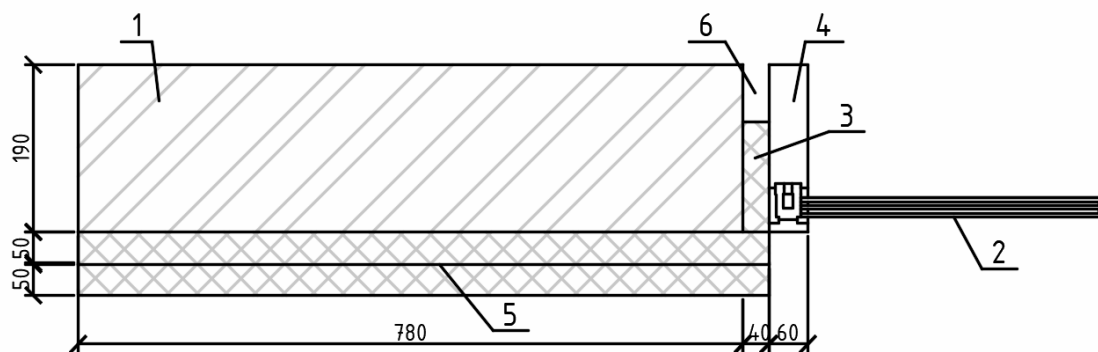


Рисунок 3.2.6.1 Схема сечения узла примыкания оконного блока к стеновому проему со 100 мм утеплителя и дефектом.

1 – стена из шлакоблока; 2 – витражное остекление; 3 – монтажный шов (монтажная пена); 4 – алюминиевая стойка; 5 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол; 6 - дефект монтажного шва (неравномерное заполнение).

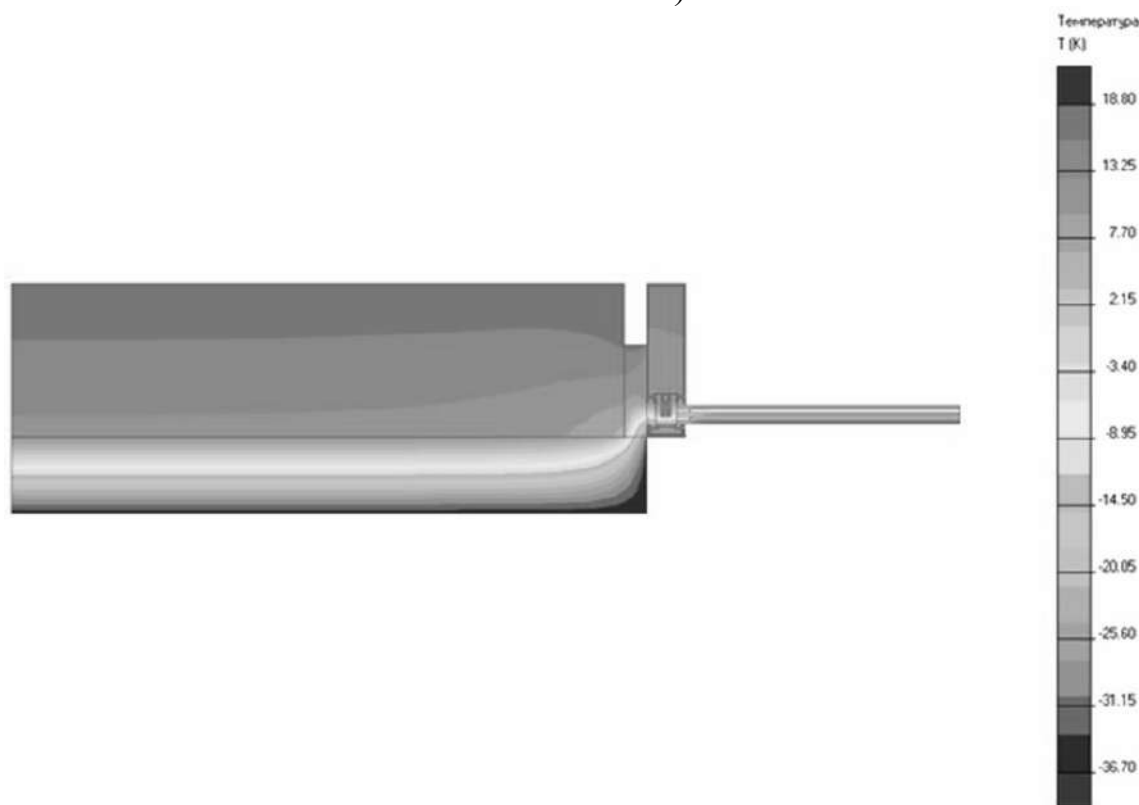


Рисунок 3.2.6.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения стены с 100 мм утеплителя по витражу с дефектом.

Таблица 3.2.6 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены с 100 мм утеплителя по витражу с дефектом.

Потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью, Вт/м	
$Q_L$	24,1

### 3.2.7. Сечение по кладке без утеплителя без дефекта

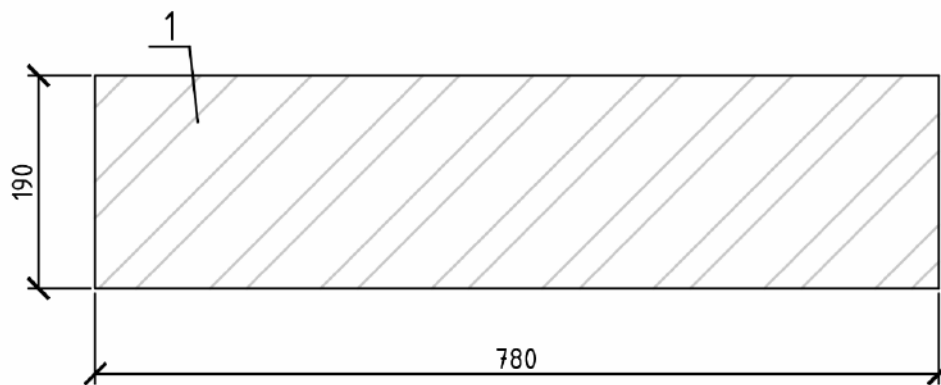


Рисунок 3.2.7.1 Схема сечения стены по кладке без утеплителя без дефекта  
1 – стена из шлакоблока

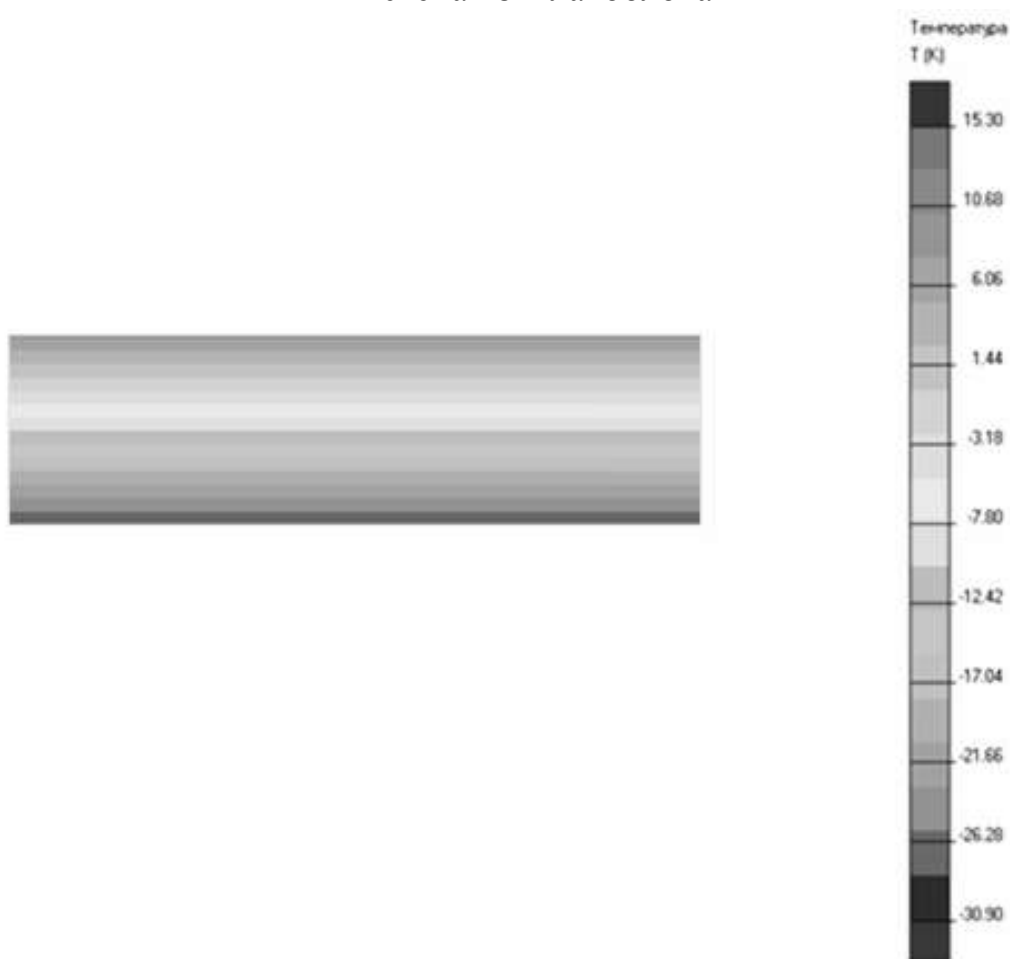


Рисунок 3.2.7.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения по кладке без утеплителя без дефекта

Таблица 3.2.7 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены по кладке без утеплителя без дефекта.

Потери теплоты через однородный участок фрагмента, Вт/м	
Q	126,4



### 3.2.8. Сечение по кладке без утеплителя с дефектом

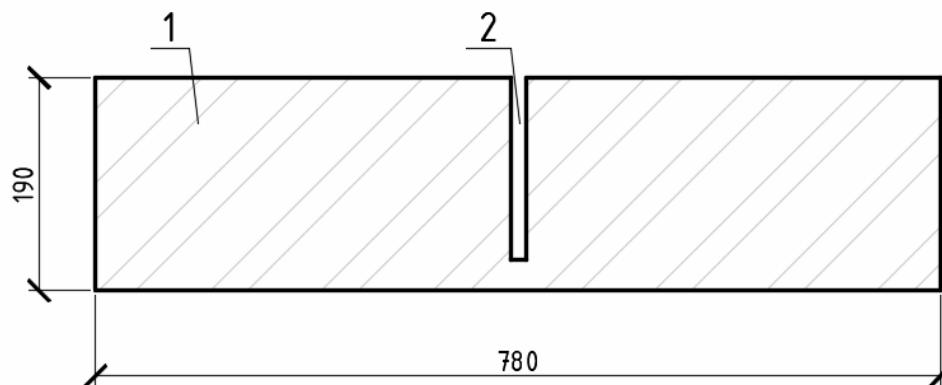


Рисунок 3.2.8.1 Схема сечения стены по кладке без утеплителя с дефектом  
1 – стена из шлакоблока; 2 – дефект кладки (разрушение межкладочного шва)

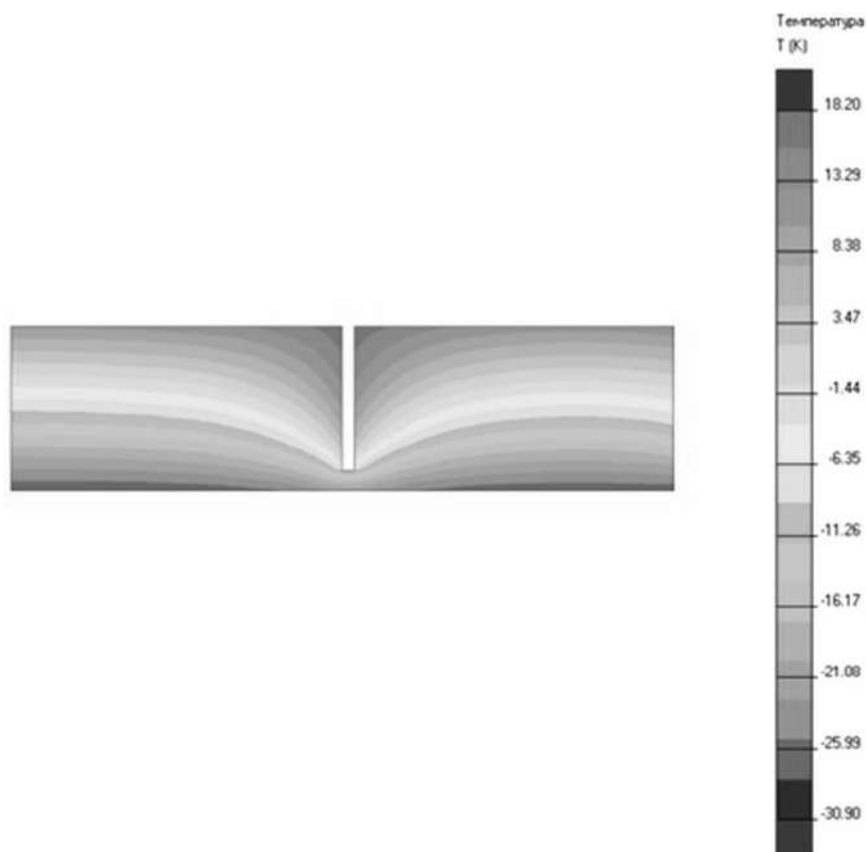


Рисунок 3.2.8.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения по кладке без утеплителя с дефектом

Таблица 3.2.8 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены по кладке без утеплителя с дефектом.

Потери теплоты через однородный участок фрагмента, Вт/м	
$Q_8$	141,3

### 3.2.9. Сечение по кладке с 50 мм утеплителя без дефекта

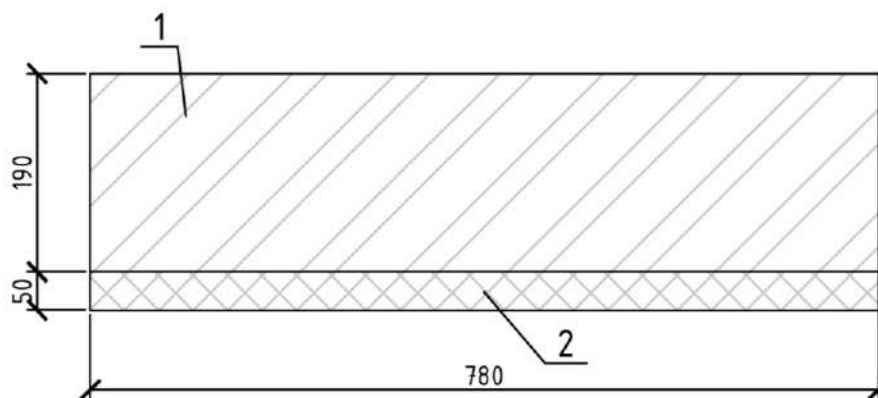


Рисунок 3.2.9.1 Схема сечения стены по кладке с 50 мм утеплителя без дефекта.

1 – стена из шлакоблока; 2 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол.

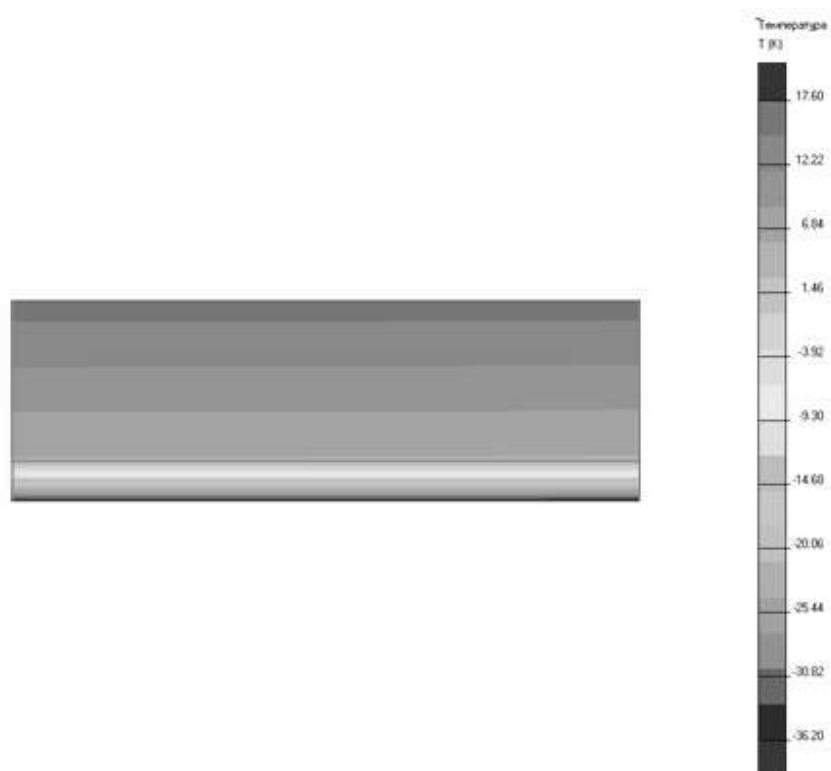


Рисунок 3.2.8.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения по кладке с 50 мм утеплителя без дефекта

Таблица 3.2.8 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены по кладке с 50 мм утеплителя без дефекта.

Потери теплоты через однородный участок фрагмента, Вт/м	
Q	33,7

### 3.2.10. Сечение по кладке с 50 мм утеплителя с дефектом

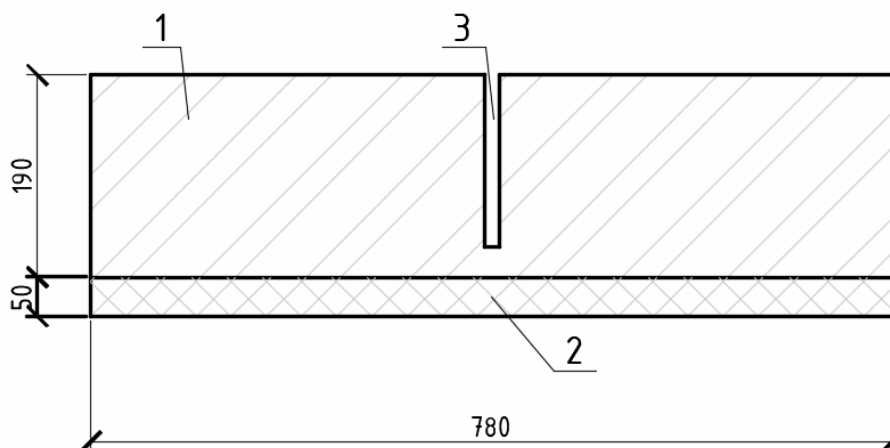


Рисунок 3.2.10.1 Схема сечения стены по кладке с 50 мм утеплителя с дефектом.

1 – стена из шлакоблока; 2 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол; 3 - дефект кладки (разрушение межкладочного шва)

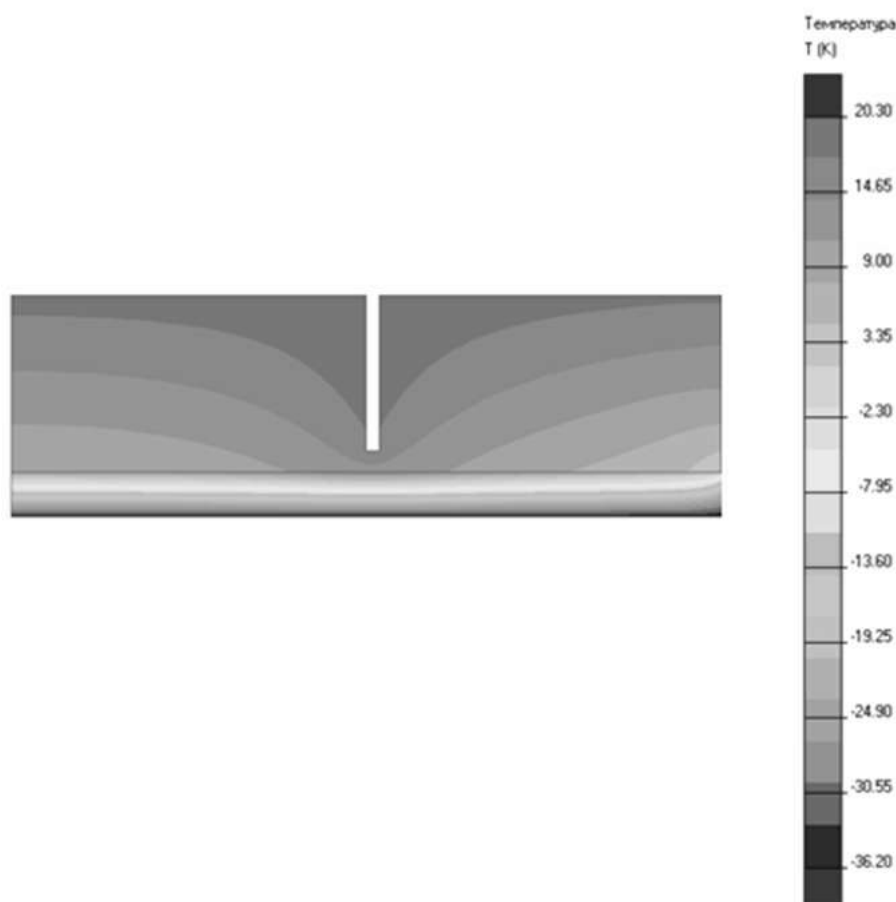


Рисунок 3.2.10.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения по кладке с 50 мм утеплителя с дефектом.

Таблица 3.2.10 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены по кладке с 50 мм утеплителя с дефектом.

Потери теплоты через однородный участок фрагмента, Вт/м	
Q	40,6

### 3.2.11. Сечение по кладке со 100 мм утеплителя без дефекта

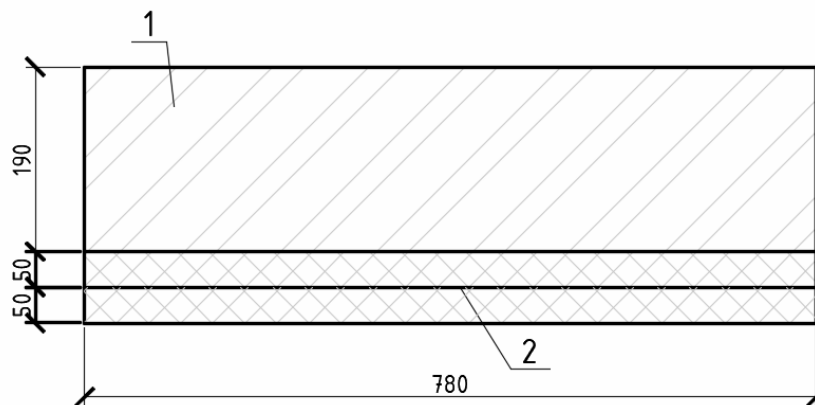


Рисунок 3.2.11.1 Схема сечения стены по кладке со 100 мм утеплителя без дефекта

1 – стена из шлакоблока; 2 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол



Рисунок 3.2.11.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения по кладке со 100 мм утеплителя без дефекта.

Таблица 3.2.11 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены по кладке со 100 мм утеплителя без дефекта

Потери теплоты через однородный участок фрагмента, Вт/м	
Q	18,4

### 3.2.12. Сечение по кладке со 100 мм утеплителя с дефектом

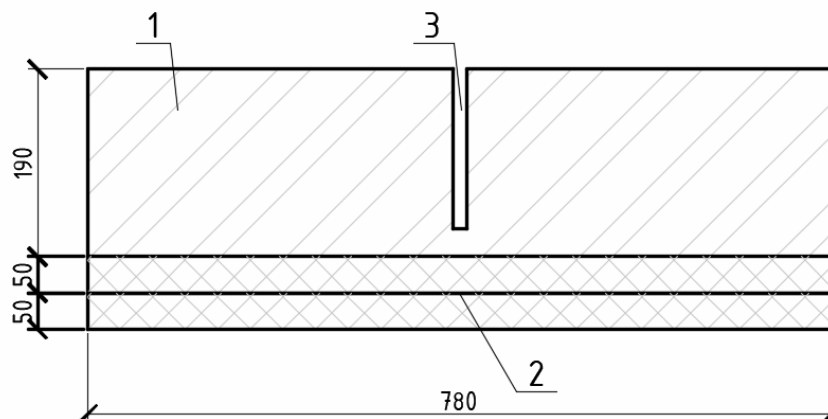


Рисунок 3.2.12.1 Схема сечения стены по кладке со 100 мм утеплителя с дефектом

1 – стена из шлакоблока; 2 – утеплитель экструдированный пенополистирол Экстрол; 3 - дефект кладки (разрушение межкладочного шва)

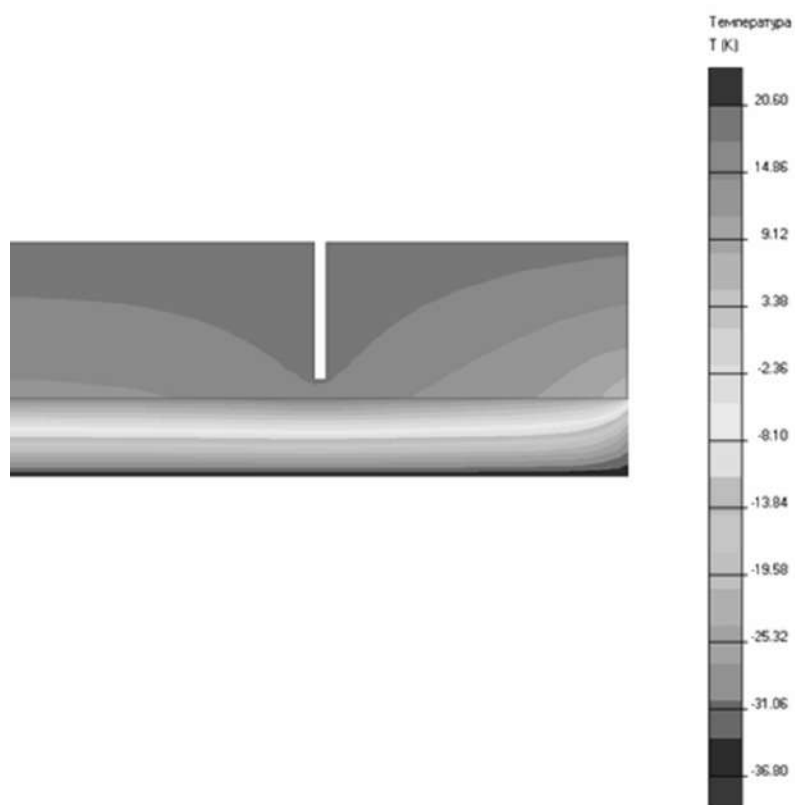


Рисунок 3.2.12.2 Температурное поле в ПК «ELCUT» сечения по кладке со 100 мм утеплителя с дефектом.

Таблица 3.2.12 – Результаты расчета в ПК «ELCUT» сечения стены по кладке со 100 мм утеплителя с дефектом.

Потери теплоты через однородный участок фрагмента, Вт/м	
Q	22,8

### 3.2.13 Результаты моделирования в ПК «ELCUT»

Результаты моделирования в ПК «ELCUT» по 12 сечениям сведены в общую таблицу 3.2.13:

Таблица 3.2.13 Результаты моделирования.

№	Моделирование	Потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью $Q_L$ , Вт/м	Потери теплоты через однородный участок фрагмента $Q$ , Вт/м	Дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность $\Delta Q_L$ , Вт/м	Разность температур $\Delta t$ , °С	Удельные потери теплоты через узел оконного откоса $\Psi$ , Вт/(м <sup>2</sup> °С)
<b>Без утепления</b>						
1	Без дефекта, без утепления	131,9	126,4	5,5	55	0,10
2	Дефект кладки, без утепления	141,3	126,4	14,9	55	0,27
3	Дефект пены, без утепления	135,1	126,4	8,7	55	0,16
<b>50 мм утеплителя</b>						
4	Без дефекта, с утеплением 50мм	39,7	33,7	6	55	0,11
5	Дефект кладки, с утеплением 50мм	40,6	33,7	6,9	55	0,13
6	Дефект пены, с утеплением 50мм	42,3	33,7	8,6	55	0,16
<b>100 мм утеплителя</b>						
7	Без дефекта, с утеплением 100мм	22,5	18,4	4,1	55	0,07
8	Дефект кладки, с утеплением 100мм	22,8	18,4	4,4	55	0,08
9	Дефект пены, с утеплением 100мм	24,1	18,4	5,7	55	0,10

Где:

$Q_L$  - потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью, приходящиеся на 1 пог.м стыка, являющиеся результатом расчета значения тепловых потоков, Вт/м;

$Q$  - потери теплоты через участок однородного фрагмента, вошедший в расчетную область при расчете значения тепловых потоков в области с линейной теплотехнической неоднородностью, Вт/м;

$\Delta Q_L$  - дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность, приходящиеся на 1 пог.м, Вт/м, определяемые по формуле (3.2.12.1):

$$\Delta Q_L = Q_L - Q \quad (3.2.13.1)$$

$\Delta t$  – разница температур внутреннего  $t_B$  и наружного  $t_H$  воздуха °С, определяемая по формуле (3.2.13.2):

$$\Delta t = t_B - t_H \quad (3.2.13.2)$$

$\Psi$  – удельные потери теплоты через узел оконного откоса Вт/(м·°С), определяются по формуле (3.2.13.3):

$$\Psi = \frac{\Delta Q_L}{\Delta t} \quad (3.2.13.3)$$

**Сравнительные диаграммы влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплопотери при теплоизоляции фасада утеплителем экструдированный пенополистирол Экстрол по результатам значений моделирования**

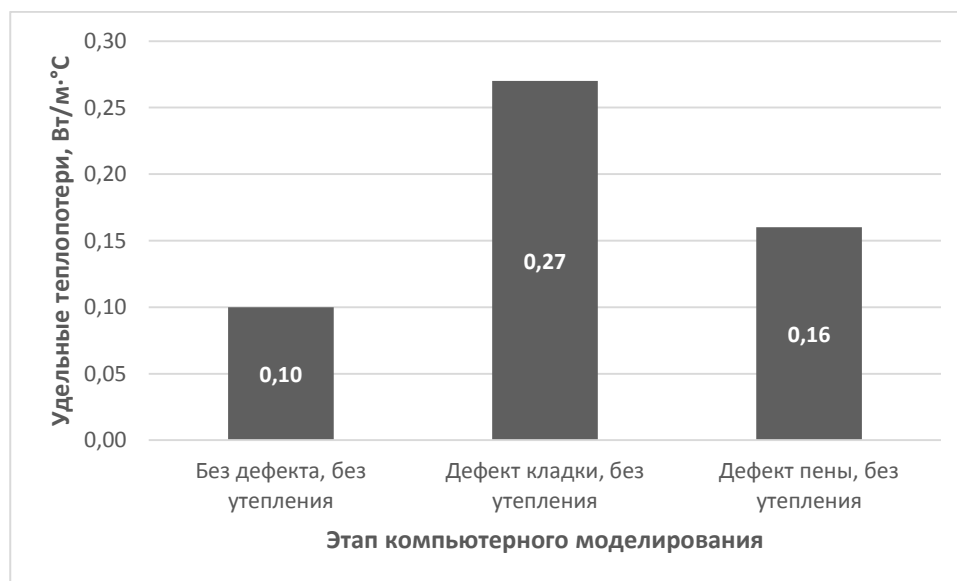


Рисунок 3.2.13.1 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплопотери при отсутствии теплоизоляции фасада

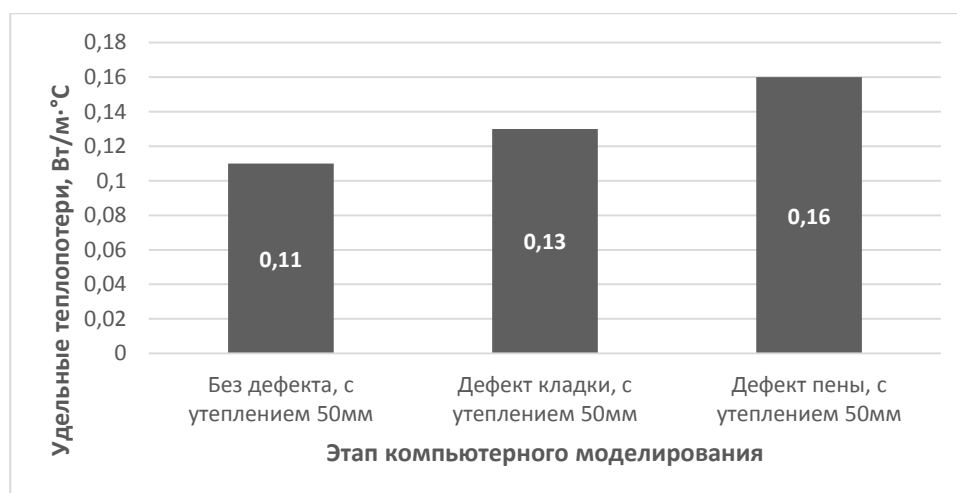


Рисунок 3.2.13.2 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада утеплителем экструдированный пенополистирол Экстрол 50 мм



Рисунок 3.2.13.3 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада утеплителем экструдированный пенополистирол Экстрол 100 мм



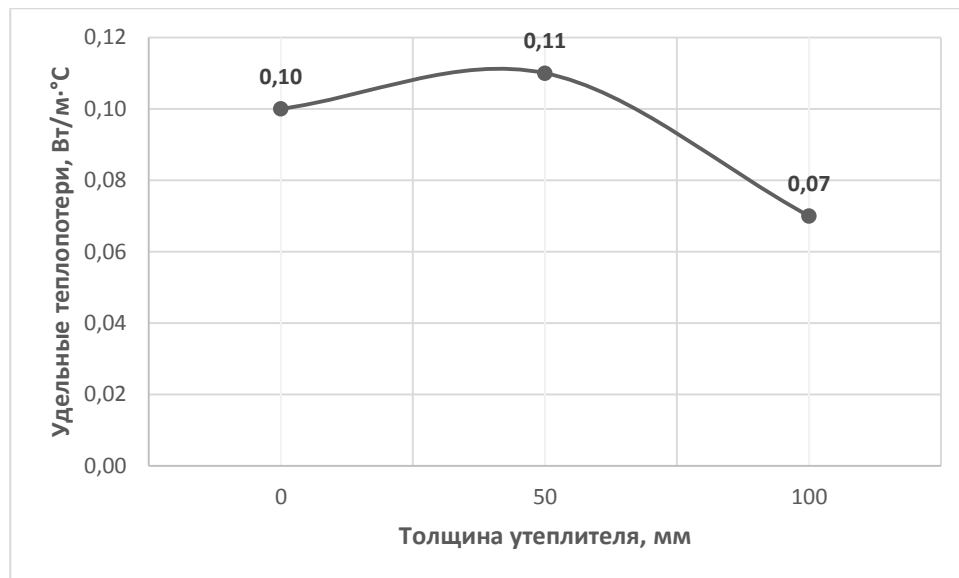


Рисунок 3.2.13.4 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения без дефекта от толщины утеплителя (толщина в мм)

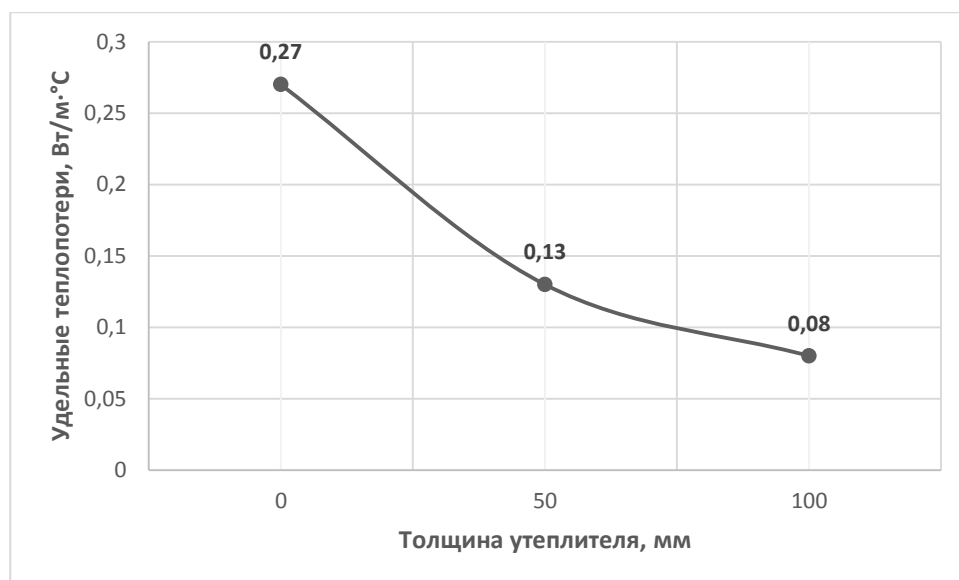


Рисунок 3.2.13.5 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектом кладки (разрушение межкладочного шва) от толщины утеплителя (толщина в мм)

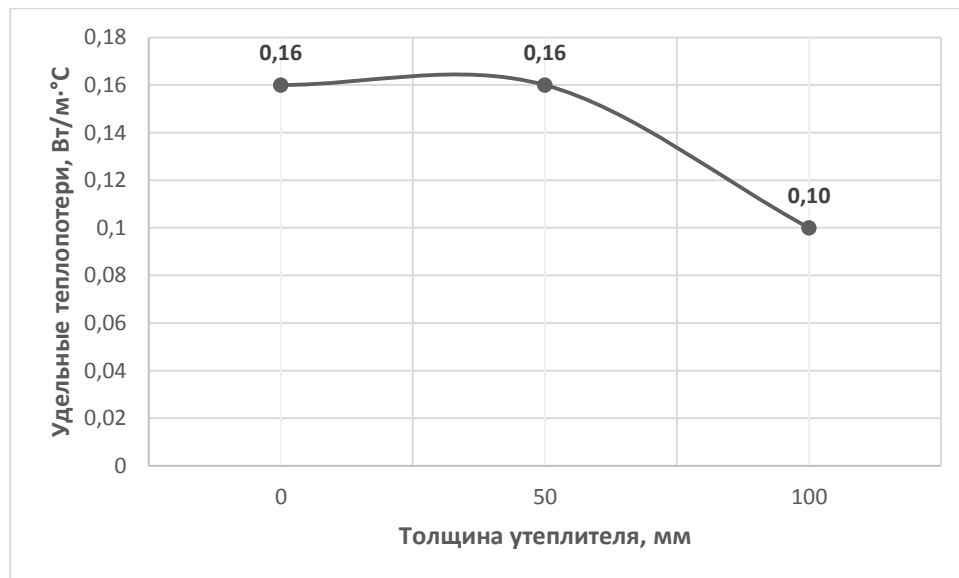


Рисунок 3.2.13.6 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектом пены (неравномерное заполнение) от толщины утеплителя (толщина в мм)

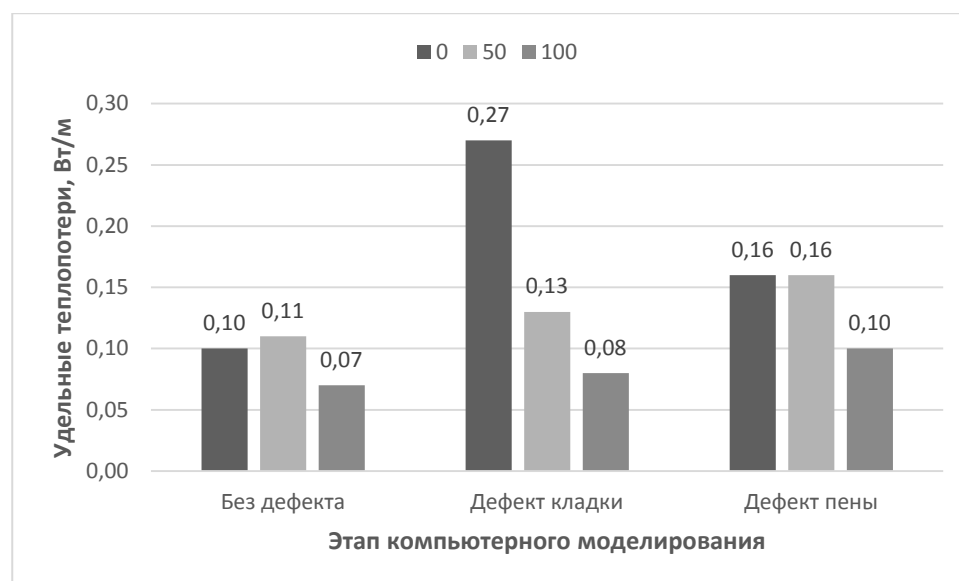


Рисунок 3.2.13.7 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при разной толщине теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол

### **Выводы по результатам компьютерного моделирования:**

1. Наибольшие удельные теплотери ( $0,27 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ ) при отсутствии теплоизоляции фасада зафиксированы при дефекте кладки (разрушение межкладочного шва).

2. Наибольшие удельные теплотери ( $0,16 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ ) при утеплении фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм зафиксированы при дефекте пены (неравномерное заполнение).

3. Наибольшие удельные теплотери ( $0,10 \text{ Вт/м}\cdot\text{°C}$ ) при утеплении фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм зафиксированы при дефекте пены (неравномерное заполнение).

4. Максимальная в ходе моделирования теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при отсутствии дефектов на 30%

5. Максимальная в ходе моделирования теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при дефекте кладки (разрушение межкладочного шва) на 70,4%

6. Максимальная в ходе моделирования теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм уменьшает удельные теплотери фасада при дефекте пены (неравномерное заполнение) на 37,5%

7. Теплоизоляция экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм в экспериментах при отсутствии дефектов вызывало увеличение удельных теплотерь на 10%.

### **Выводы по результатам экспериментального исследования:**

1. Наиболее значимым дефектом линейных элементов оконной конструкции (наибольшие удельные теплотери) при теплоизоляции фасадов экструдированным пенополистиролом Экстрол является дефект пены (неравномерное заполнение), по совместительству и самым распространенным.

2. Использование малой толщины плит экструдированного пенополистирола Экстрол (менее 100 мм) при выбранных расчетных данных (г. Челябинск: температура наружного воздуха  $-34\text{°C}$ , температура внутреннего воздуха  $21\text{°C}$ ) может ухудшить энергоэффективность стенового ограждения.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		78

### 3.3 Сравнительный анализ результатов исследования

#### 3.3.1 Лабораторный эксперимент и компьютерное моделирование

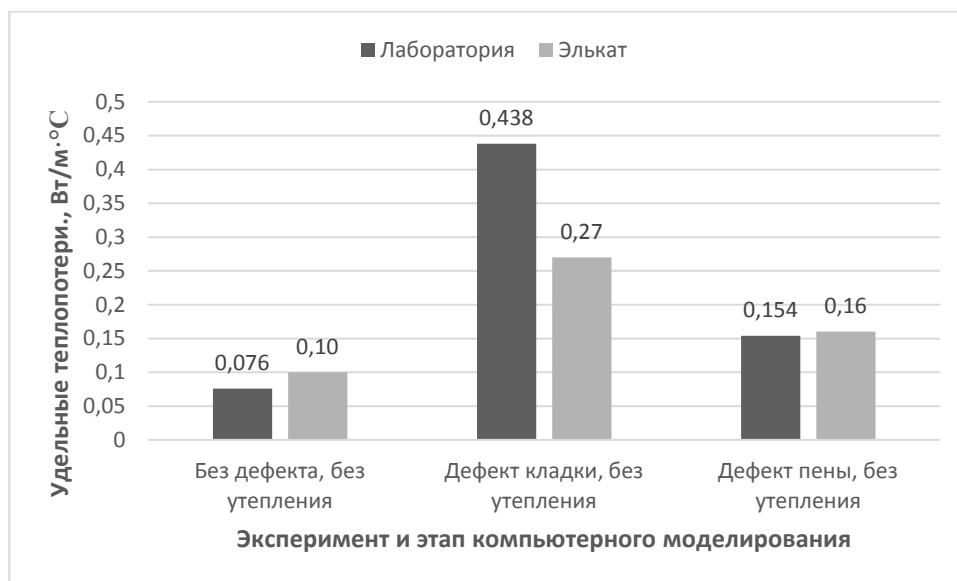


Рисунок 3.3.1.1 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при отсутствии теплоизоляции фасада

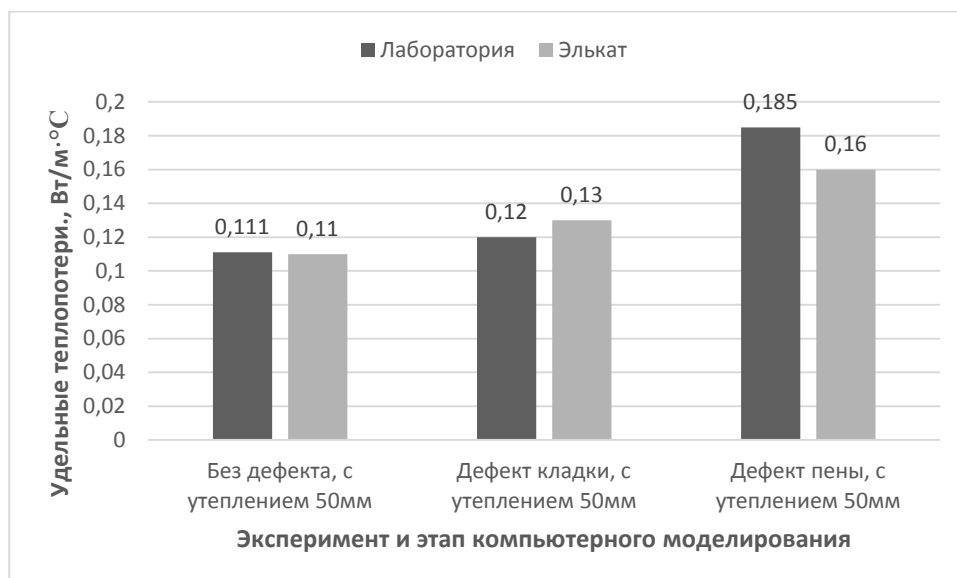


Рисунок 3.3.1.2 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм

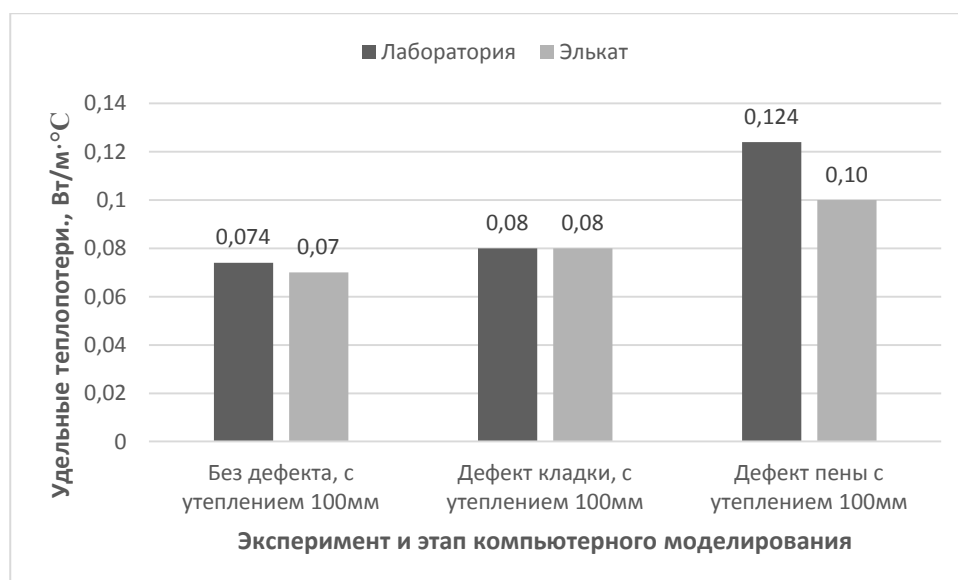


Рисунок 3.3.1.3 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм

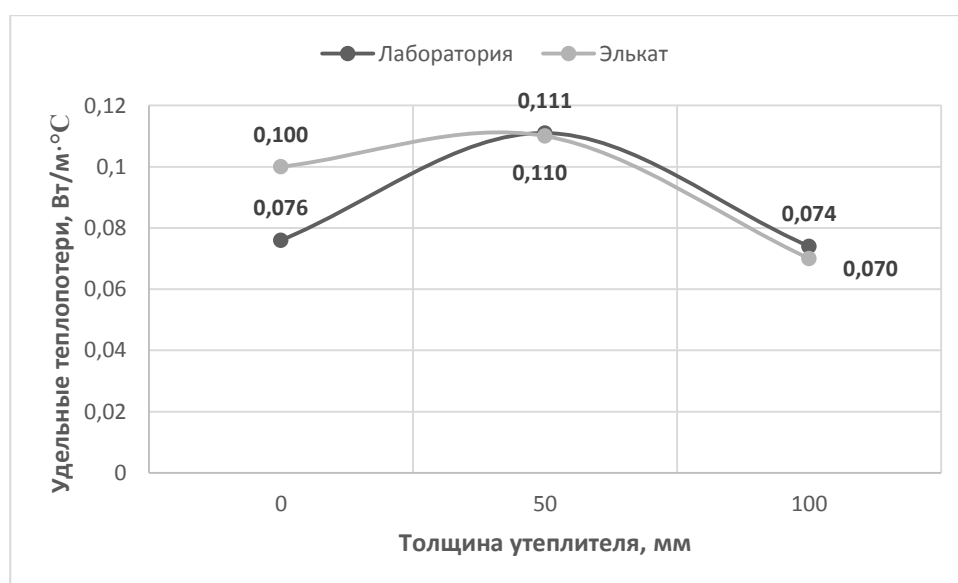


Рисунок 3.3.1.4 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения без дефекта от толщины утеплителя

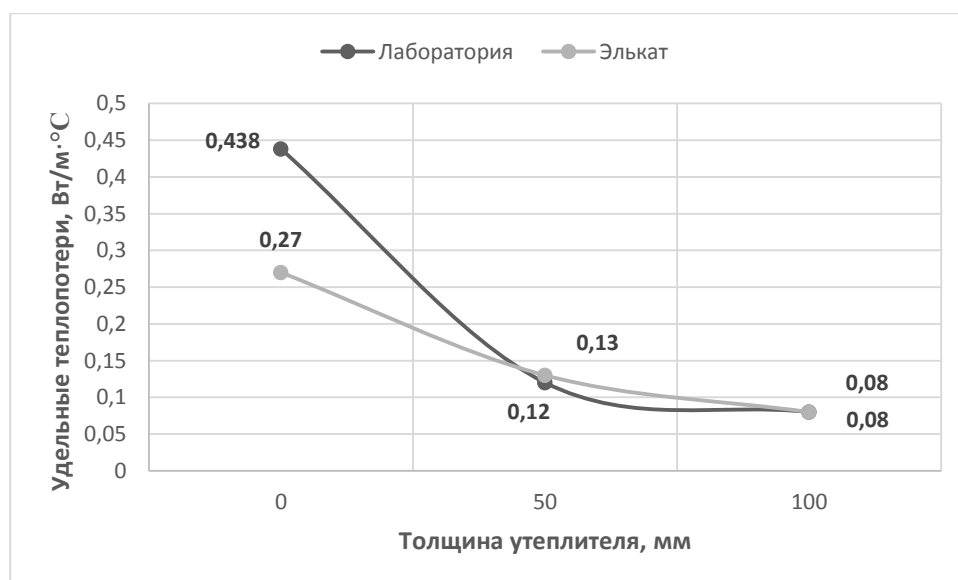


Рисунок 3.3.1.5 Зависимость удельных теплотер стенового ограждения с дефектом кладки (разрушение межкладочного шва) от толщины утеплителя

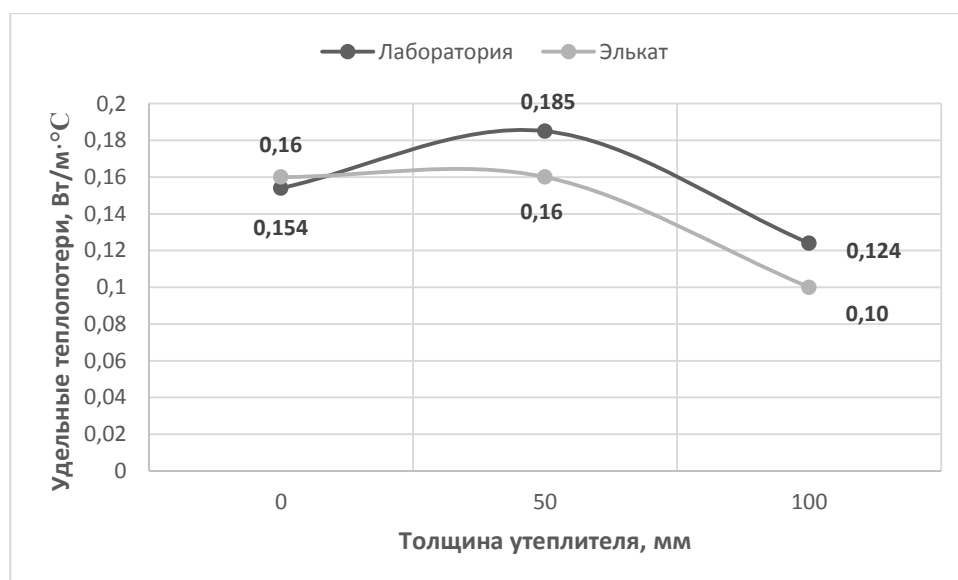


Рисунок 3.3.1.6 Зависимость удельных теплотер стенового ограждения с дефектом пены (неравномерное заполнение) от толщины утеплителя

**Подведение результатов сравнительного анализа лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования:**

1. Расхождение результатов лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования при анализе влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотер при отсутствии теплоизоляции фасада составили 24%, 38,4%, 3,75%

2. Расхождение результатов лабораторного исследования и компьютерного моделирования при анализе влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотер при теплоизоляции фасада

экструдированным пенополистиролом Экстрол 50 мм составили 0,09%, 7,69%, 13,5%

3. Расхождение результатов лабораторного исследования и компьютерного моделирования при анализе влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада экструдированным пенополистиролом Экстрол 100 мм составили 5,4%, 0%, 19,35%

### **Выводы по результатам сравнительного анализа лабораторного эксперимента и компьютерного моделирования:**

1. Расхождение результатов возможно из-за систематических и случайных погрешностей в процессе лабораторных экспериментов, погрешности прибора ИТП-МГ4.03/Х(У) «Поток», неполной стационарности задачи (незначительное изменение температуры внутреннего воздуха), а также «идеальности» компьютерной модели (расчет без учета точечных элементов).

2. Значительные расхождения некоторых результатов (более 10%) говорят о неточностях измерения, однако зависимости удельных теплотерь от толщины утеплителя при обоих методах исследования имеют одинаковый характер, что все же позволяет делать соответствующие выводы:

- Наиболее значимым дефектом линейных элементов оконной конструкции (наибольшие удельные теплотери) при теплоизоляции фасадов экструдированным пенополистиролом Экстрол является дефект пены (неравномерное заполнение), по совместительству и самым распространенным.

- Использование малой толщины плит экструдированного пенополистирола Экстрол (менее 100 мм) при выбранных расчетных данных (г. Челябинск: температура наружного воздуха  $-34^{\circ}\text{C}$ , температура внутреннего воздуха  $21^{\circ}\text{C}$ ) может ухудшить энергоэффективность стенового ограждения.

3. Натурный (лабораторный) эксперимент при надлежащей постановке может, дать надежные и исчерпывающие результаты. Однако изучение модели в программе требуют существенно меньших затрат, чем подобные манипуляции над реальным объектом. Учитывая большинство близких значений и одинаковый характер зависимостей, делаем вывод о возможности и даже преимуществе использования ПК «Elcut» в расчетах удельных теплотерь и оценке энергоэффективности строительных конструкций.

### **3.3.2 Сравнение результатов исследований с применением разного вида теплоизоляционного материала**

Как уже отмечалось в литературном обзоре, в 2018 г. подобные исследования проводил магистр ЮУрГУ Балакин Ю.И.

В своей работе «Влияние дефектов на параметры энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса» Балакин Ю.И. изучал фрагмент с утеплителем минераловатными плитами Isover Фасад.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		82

Также в 2018 г. лабораторные исследования по данной тематике проводила студентка магистратуры ЮУрГУ Мальцева Е.Н., анализируя дефекты и удельные теплотери на фрагменте с утеплителем пенополистеролом.

В данной работе проведем сравнение 3 исследований и сделаем соответствующие выводы.

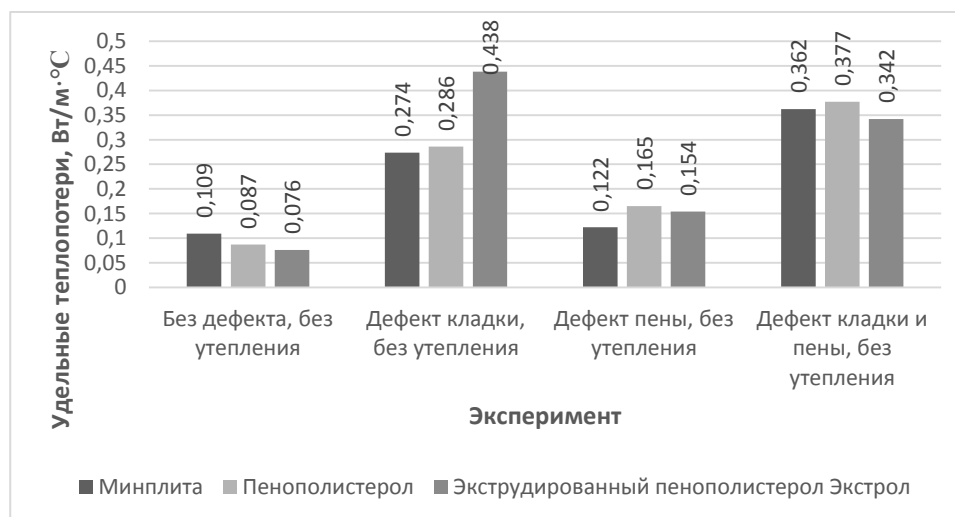


Рисунок 3.3.2.1 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при отсутствии теплоизоляции фасада

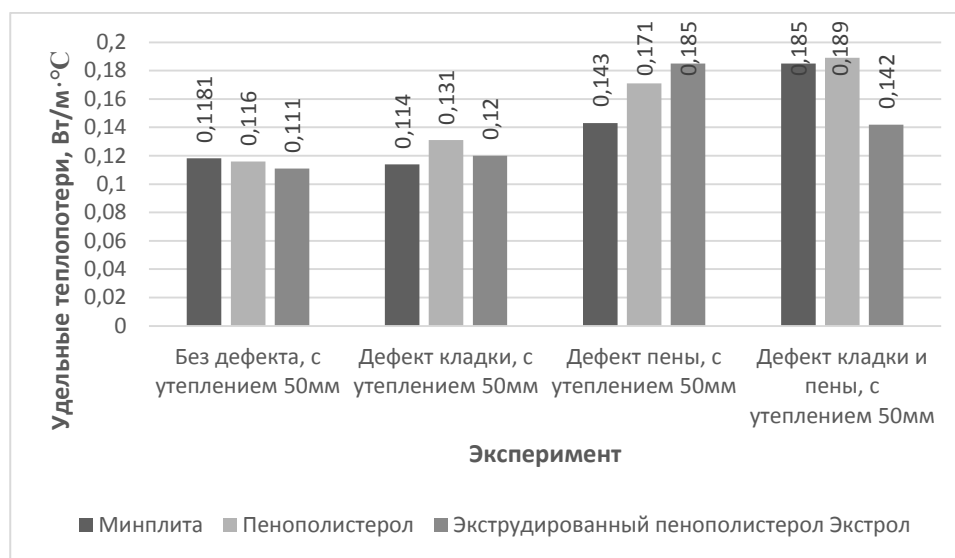


Рисунок 3.3.2.2 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада утеплителем 50 мм



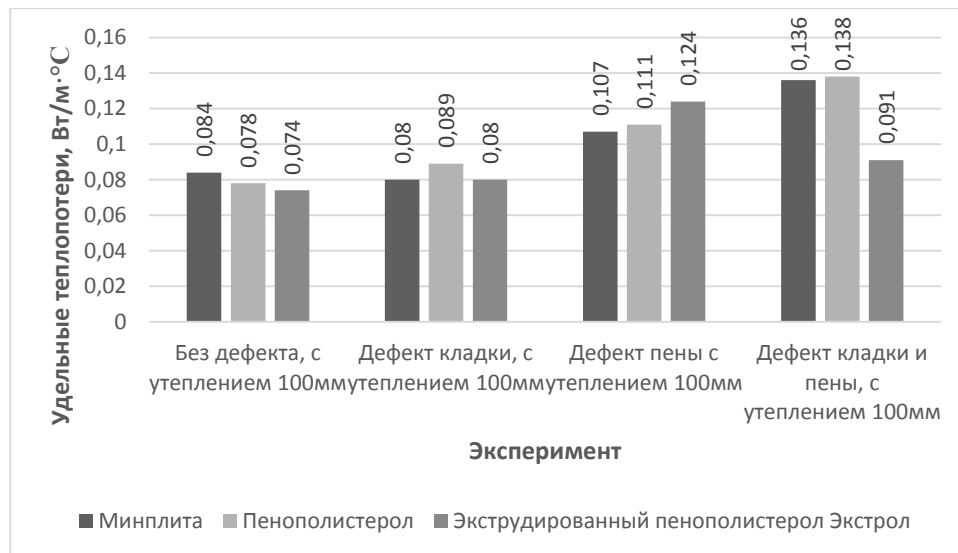


Рисунок 3.3.2.3 Сравнительный график влияния дефектов линейных элементов оконной конструкции на удельные теплотери при теплоизоляции фасада утеплителем 100 мм

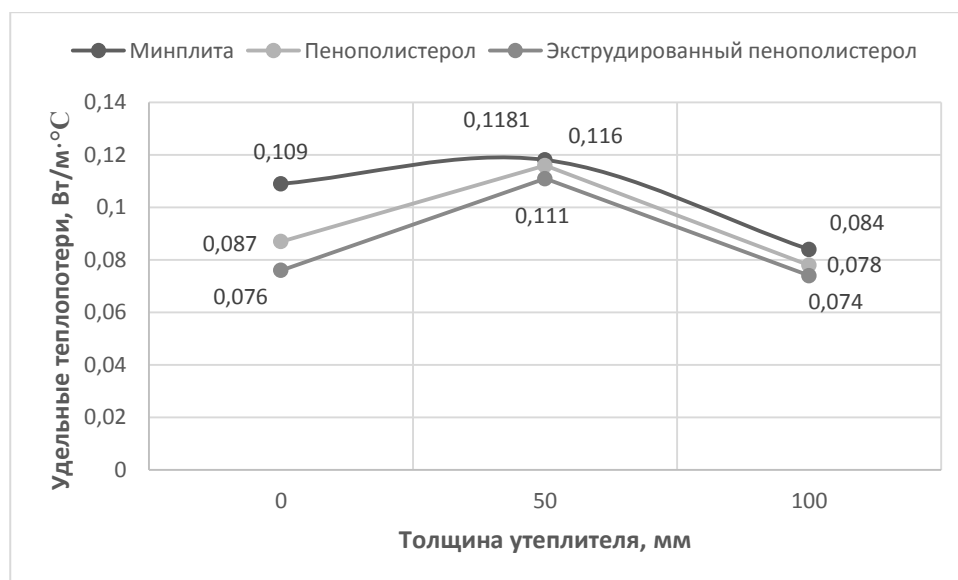


Рисунок 3.3.2.4 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения без дефекта от толщины утеплителя

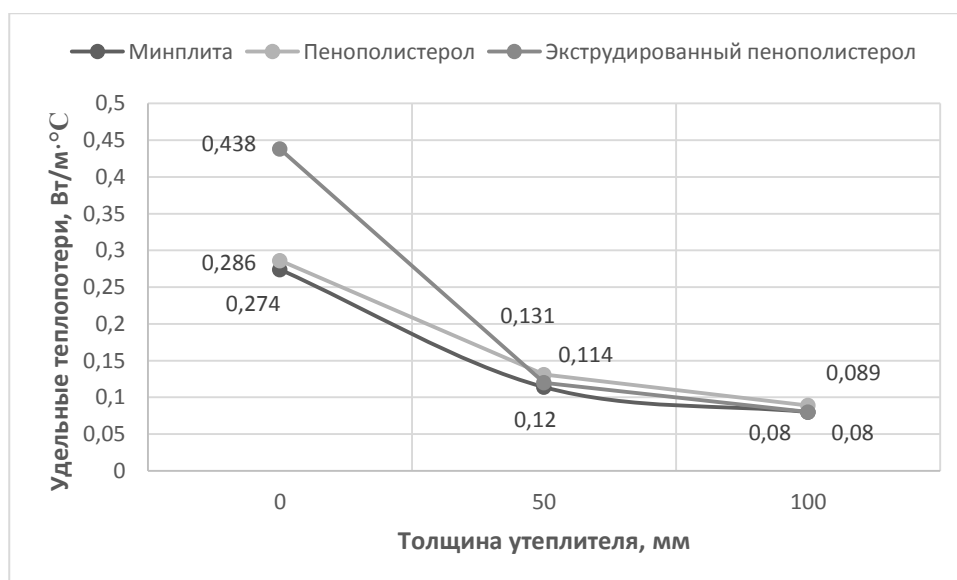


Рисунок 3.3.2.5 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектом кладки (разрушение межкладочного шва) от толщины утеплителя

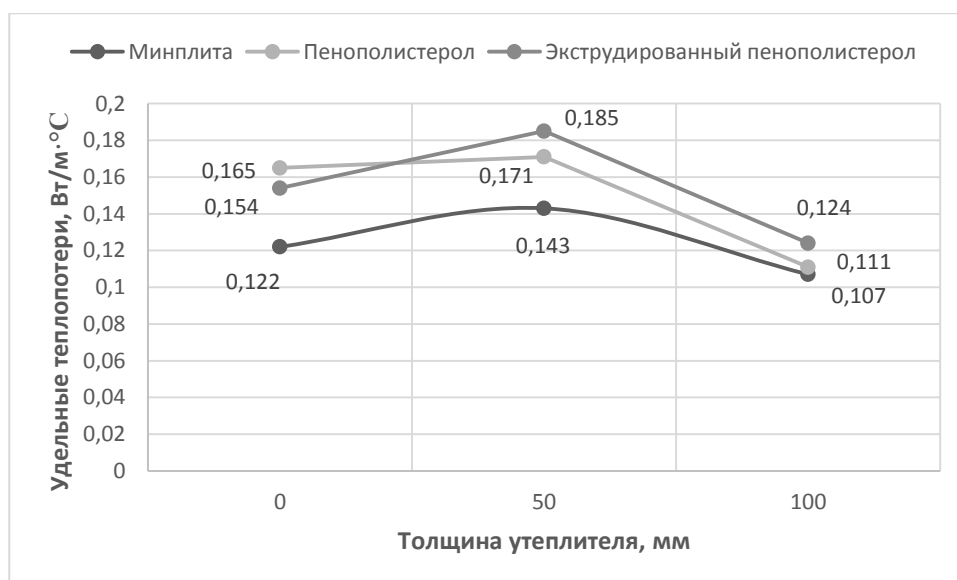


Рисунок 3.3.2.6 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектом пены (неравномерное заполнение) от толщины утеплителя

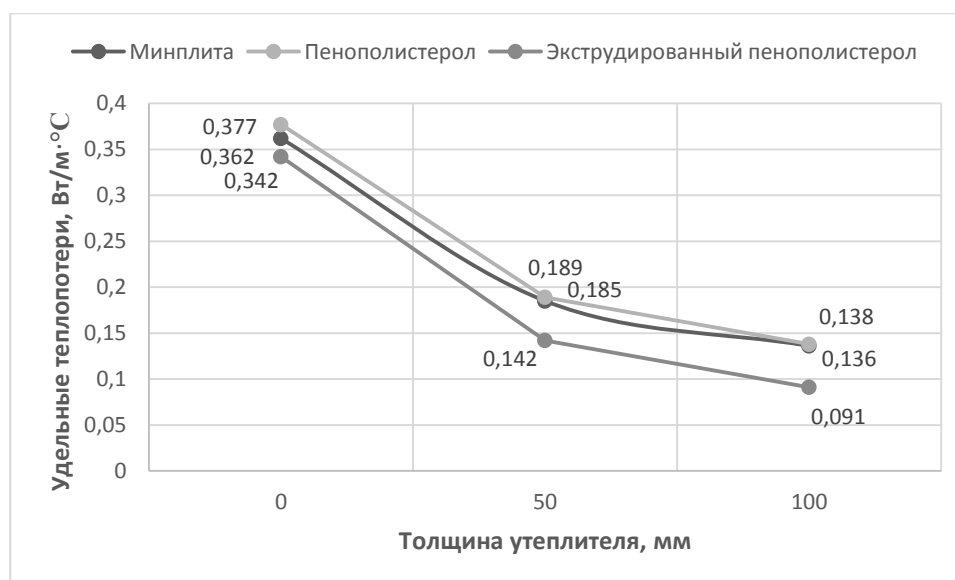


Рисунок 3.3.2.7 Зависимость удельных теплотерь стенового ограждения с дефектами кладки (растрескивание межкладочного шва) и пены (неравномерное заполнение) от толщины утеплителя

**Выводы по результатам данных для 3 разных утеплителей, полученные в ходе лабораторных замеров:**

1. Наименьшие удельные теплотери стенового ограждения без дефекта среди 3 образцов с разными видами утеплителя зафиксированы у фрагмента с утеплением экструдированным пенополистеролом Экстрол, наибольшие – минераловатными плитами.

2. Наименьшие удельные теплотери стенового ограждения с дефектом кладки (разрушение межкладочного шва) среди 3 образцов с разными видами утеплителя зафиксированы у фрагмента с утеплением минераловатными плитами, наибольшие – пенополистеролом.

3. Наименьшие удельные теплотери стенового ограждения с дефектом пены (неравномерное заполнение) среди 3 образцов с разными видами утеплителя зафиксированы у фрагмента с утеплением минераловатными плитами, наибольшие – экструдированным пенополистеролом Экстрол.

4. Наименьшие удельные теплотери стенового ограждения с дефектами кладки (растрескивание межкладочного шва) и пены (неравномерное заполнение) среди 3 образцов с разными видами утеплителя зафиксированы у фрагмента с утеплением экструдированным пенополистеролом Экстрол, наибольшие – пенополистеролом.

**Выводы по результатам экспериментального исследования:**

1. Наиболее эффективным утеплителем при выбранных расчетных данных (г. Челябинск: температура наружного воздуха  $-34^{\circ}\text{C}$ , температура внутреннего воздуха  $21^{\circ}\text{C}$ ) среди 3 видов утеплителей (минераловатная плита, пенополистерол, экструзированный пенополистерол Экстрол) является экструзированный пенополистерол Экстрол.

2. Наименее эффективным утеплителем при выбранных расчетных данных (г. Челябинск: температура наружного воздуха  $-34^{\circ}\text{C}$ , температура внутреннего воздуха  $21^{\circ}\text{C}$ ) среди 3 видов утеплителей (минераловатная плита, пенополистерол, экструзированный пенополистерол Экстрол) является пенополистерол.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		87

#### 4 Организационно-технологические решения устройства стенового ограждения в зоне примыкания светопрозрачных конструкций

##### 4.1 Анализ экономической эффективности

##### 4.1.1 Затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откос

Согласно полученным в работе результатам видно, что некоторое влияние на тепловые потери через узел оконного откоса оказывают выделенные нами дефекты устройства светопрозрачных конструкций.

Величина теплотерь через узел оконного откоса за отопительный период, находятся по формуле (4.1.1.1) [63]:

$$Q = \frac{T}{10^6} \cdot \Delta \Psi \cdot \Delta t \quad (4.1.1.1)$$

где:

Q – величина теплотерь через узел оконного откоса за отопительный период, МВт час / год;

T – продолжительность отопительного периода в часах, находится по формуле (4.1.1.2):

$$T = T_1 \cdot 24 \quad (4.1.1.2)$$

где:

T<sub>1</sub> - отопительный период в сутках, для г. Челябинск равный 218 суткам (таблица 3.1 СП 131.13330.2012 [81]);

Δ Ψ – разница удельных теплотерь между двумя однотипными граничными значениями, Вт/(м·°C), находится по формуле (4.1.1.3):

$$\Delta \Psi = \Psi_1 - \Psi_0 \quad (4.1.1.3)$$

где:

Ψ<sub>0</sub> – минимальные удельные теплотерь для одного типа узла оконного откоса, Вт/(м·°C)

Ψ<sub>1</sub> – максимальные удельные теплотерь для одного типа узла оконного откоса, Вт/(м·°C);

Δt – разница между температурой внутреннего и наружного воздуха в °C, находится по формуле (4.1.1.4):

$$\Delta t = t_{\text{вн}} - t_{\text{от.п}} \quad (4.1.1.4)$$

где:

t<sub>вн</sub> – средняя температура внутреннего воздуха в помещении, равная 21°C (таблица 7.2 СП 118.13330.2012 [85]);

t<sub>от.п</sub> – средняя температура отопительного периода для г. Челябинск, равная - 6,5 °C (таблица 3.1 СП 131.13330.2012 [81]);

B - затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откоса, руб, находятся по формуле (4.1.1.5):

$$B = Q \cdot F \quad (4.1.1.5)$$

где, F стоимость одного Гкал (1550 р), руб;

C - затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при условии дефектности 25%, руб, находятся по формуле (4.1.1.6):

$$C = \delta \cdot V \quad (4.1.1.6)$$

где,  $\delta$  – дефектность здания (25%).

Применим данный расчет к уже построенному и введенному в эксплуатацию производственному помещению в лабораторном корпусе АСИ, расположенному по адресу: г. Челябинск, ул. Коммуны 141 1к, в котором в 2015 были полностью заменены старые окна на витражное остекление.

Тепловизионная съемка показала значительные теплопотери в области оконных откосов, что говорит о наличии дефектов и, соответственно, о повышенных затратах на отопление здания.

Исходные данные:

Размеры здания в плане 76х24 м; количество этажей – 2; высота здания 8 м. За относительную отметку 0,000 принят уровень чистого пола здания.

Количество витражей - 20, длина оконных откосов которых 364 м/п.

Расчет затрат сведен в таблицу (4.1.1.1):

Таблица 4.1.1.1 - Сводная таблица по энергозатратам для экструдированного пенополистерола Экстрол

Толщина утепления	Разница удельных теплопотерь $\Delta \Psi$ , Вт/(м·°С)	Величина теплопотерь через узел оконного откоса за отопительный период Q, МВт час / год	Величина теплопотерь через узел оконного откоса за отопительный период Q, Гкал/год	Затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откоса В, руб	Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при условии дефектности 25% С, руб
Без утепления					
Дефект кладки	0,362	0,0634	0,0546	84,6	1437,8
Дефект пены	0,078	0,0137	0,0118	18,2	1038,8
Совместное влияние	0,266	0,0466	0,0401	62,1	4598,9
50 мм утепления					
Дефект кладки	0,009	0,00158	0,00136	2,1	35,7
Дефект пены	0,074	0,01297	0,01115	17,3	985,5
Совместное влияние	0,031	0,00543	0,00467	7,2	536,0
100 мм утепления					
Дефект кладки	0,006	0,00105	0,00090	1,4	23,8
Дефект пены	0,05	0,00876	0,00754	11,7	665,9
Совместное влияние	0,017	0,00298	0,00256	4,0	293,9

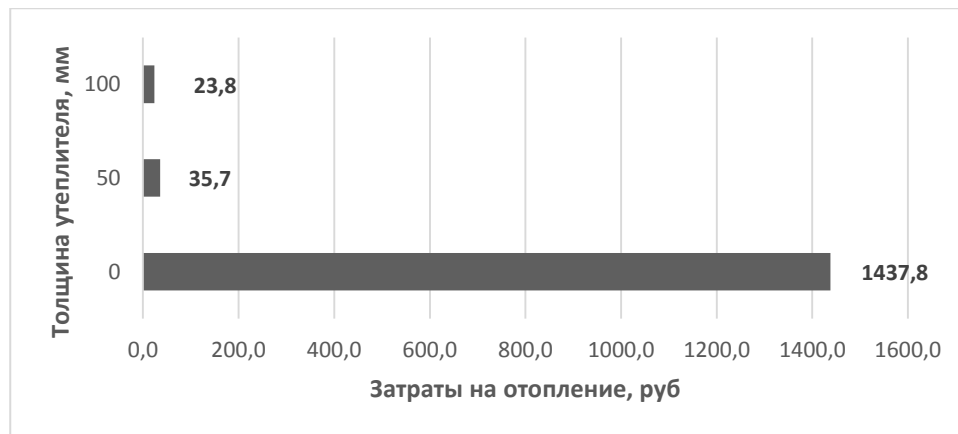


Рисунок 4.1.1.1 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах кладки в области оконных откосов (дефектность %, утеплитель – экструдированный пенополистерол Экстрол).

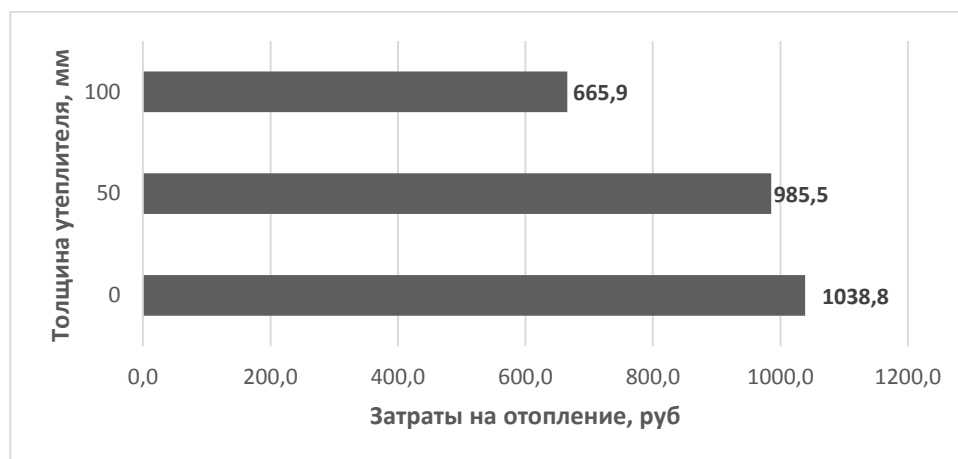


Рисунок 4.1.1.2 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах пены в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель – экструдированный пенополистерол Экстрол).

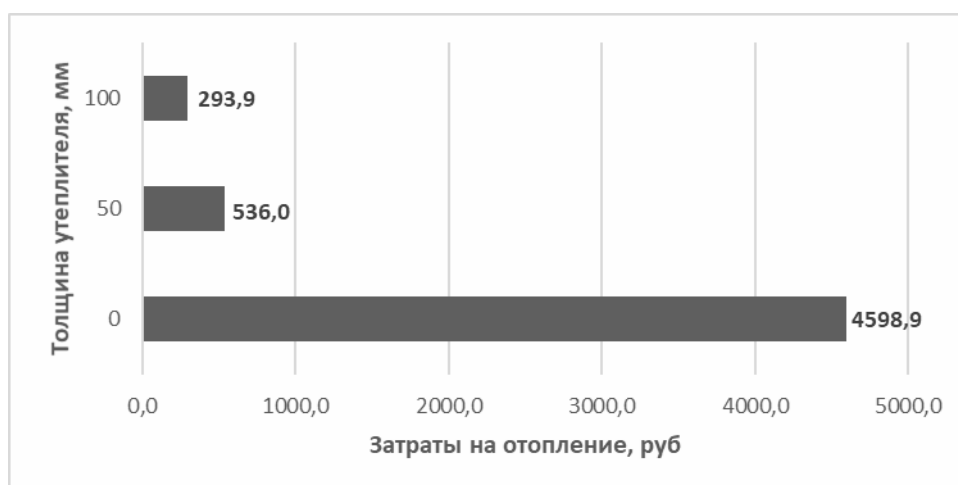


Рисунок 4.1.1.3 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при совместных дефектах кладки и пены в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель – экструдированный пенополистерол Экстрол).

Проведем аналогичный расчет для другого типа утеплителя - минплиты. Данные для расчета взяты из работы Балакина Ю.И. «Влияние дефектов на параметры энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса». А также для утеплителя – пенополистерола. Данные взяты из работы магистра кафедры СПТС Мальцевой Е.Н.

Таблица 4.1.1.2 - Сводная таблица по энергозатратам для минплиты

Толщина утепления	Разница удельных теплотерь $\Delta Y$ , Вт/(м·°С)	Величина теплотерь через узел оконного откоса за отопительный период Q, МВт час / год	Величина теплотерь через узел оконного откоса за отопительный период Q, Гкал/год	Затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым метром оконного откоса В, руб	Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при условии дефектности 25%, руб
Без утепления					
Дефект кладки	0,242	0,0348	0,0299	46,4	789,0
Дефект пены	0,165	0,0237	0,0204	31,6	1803,8
Совместное влияние	0,329	0,0473	0,0407	63,1	4669,4
50 мм утепления					
Дефект кладки	0,035	0,0050	0,0043	6,7	114,1
Дефект пены	0,066	0,0095	0,0082	12,7	721,5
Совместное влияние	0,106	0,0153	0,0131	20,3	1504,4
100 мм утепления					
Дефект кладки	0,022	0,0032	0,0027	4,2	71,7
Дефект пены	0,049	0,0071	0,0061	9,4	535,7
Совместное влияние	0,065	0,0094	0,0080	12,5	922,5





Рисунок 4.1.1.4 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах кладки в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель - минплита).

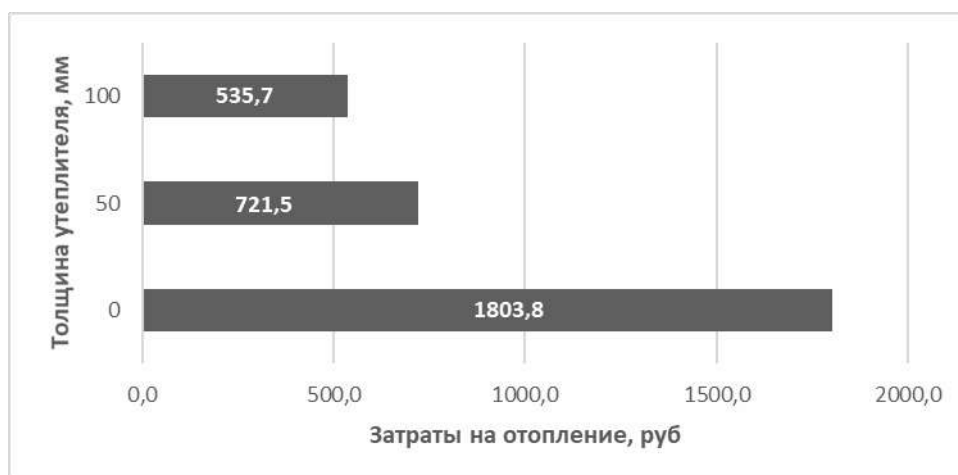


Рисунок 4.1.1.5 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах пены в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель - минплита).

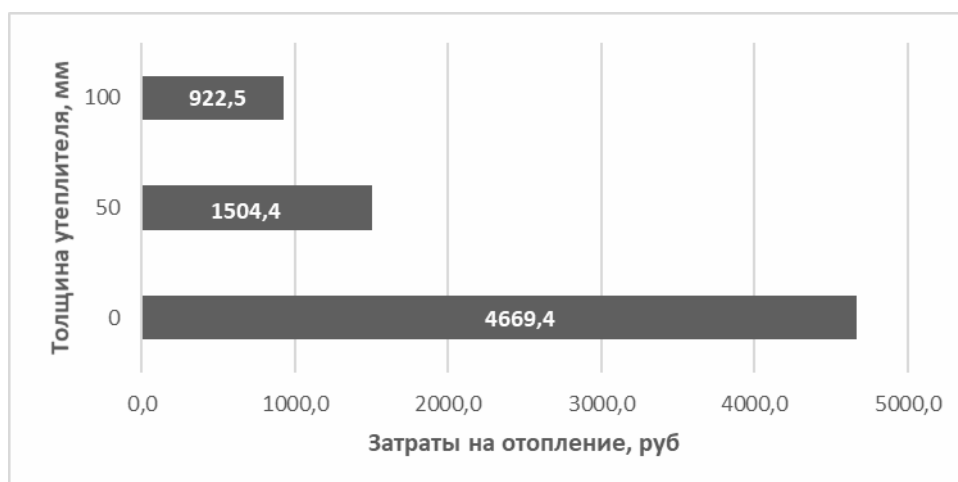


Рисунок 4.1.1.6 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при совместных дефектах кладки и пены в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель - минплита).

Таблица 4.1.1.3 - Сводная таблица по энергозатратам для пенополистерола

Толщина утепления	Разница удельных теплопотерь $\Delta\Psi$ , Вт/(м*°С)	Величина теплопотерь через узел оконного откоса за отопительный период Q, МВт час / год	Величина теплопотерь через узел оконного откоса за отопительный период Q, Гкал/год	Затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откоса В, руб	Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при условии дефектности 25%, руб
Без утепления					
Дефект кладки	0,311	0,0545	0,0469	72,7	1235,2
Дефект пены	0,244	0,0428	0,0368	57,0	3249,4
Совместное влияние	0,289	0,0507	0,0436	67,5	4996,6
50 мм утепления					
Дефект кладки	0,043	0,00754	0,00648	10,0	170,8
Дефект пены	0,096	0,01683	0,01447	22,4	1278,5
Совместное влияние	0,078	0,01367	0,01176	18,2	1348,6
100 мм утепления					
Дефект кладки	0,049	0,00859	0,00739	11,4	194,6
Дефект пены	0,052	0,00911	0,00784	12,1	692,5
Совместное влияние	0,076	0,01332	0,01146	17,8	1314,0

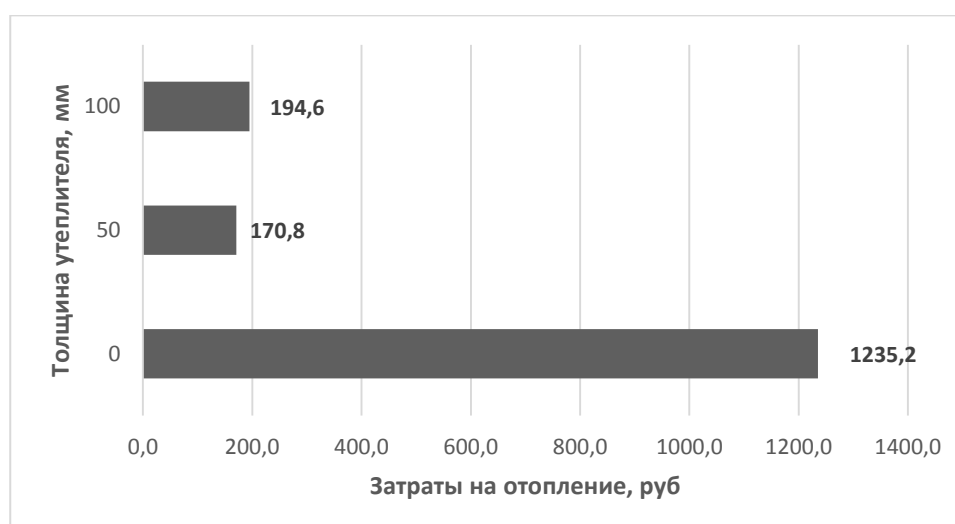


Рисунок 4.1.1.7 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах кладки в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель - пенополистерол).

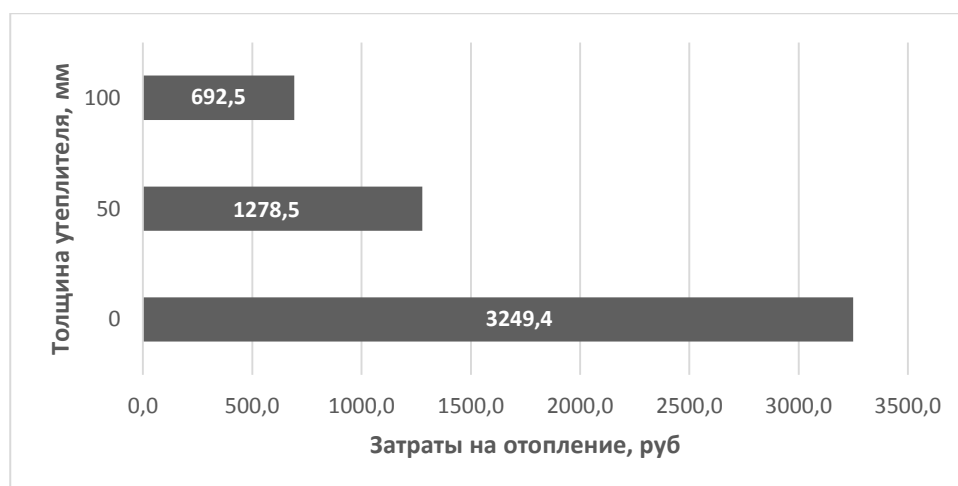


Рисунок 4.1.1.8 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах пены в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель - пенополистерол).

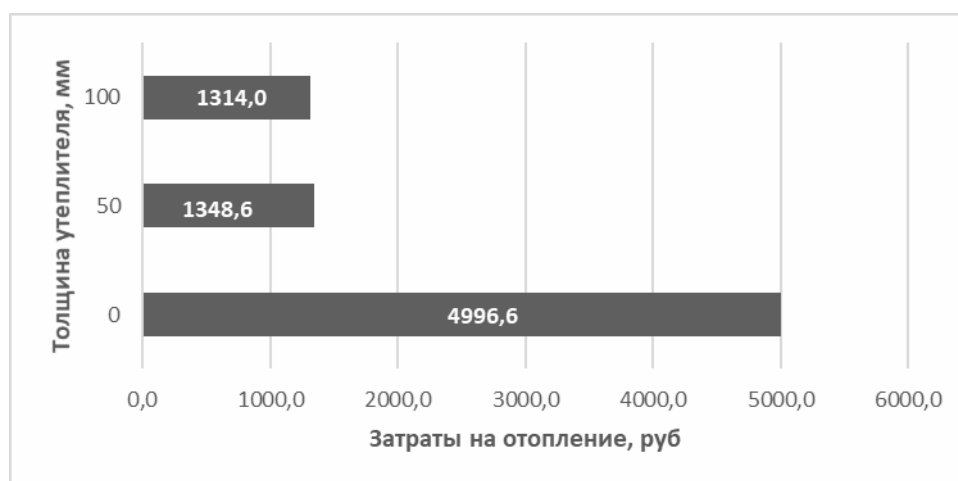


Рисунок 4.1.1.9 Затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при совместных дефектах кладки и пены в области оконных откосов (дефектность 25%, утеплитель - пенополистерол).

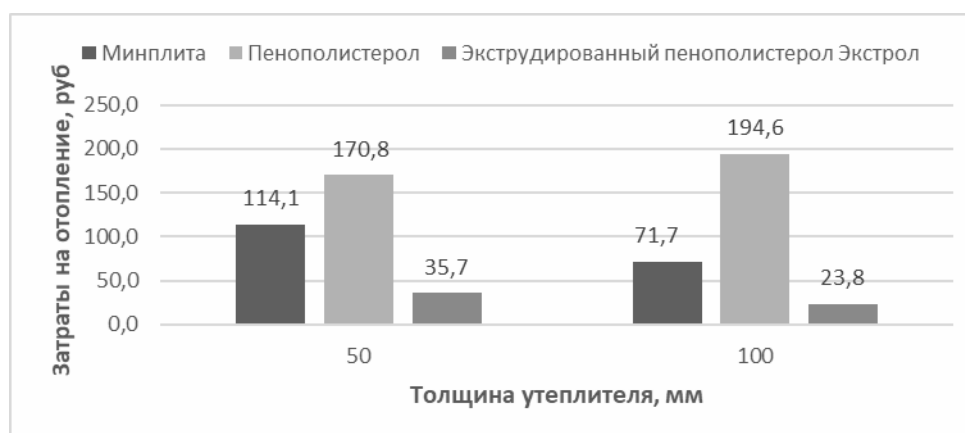


Рисунок 4.1.1.10 Сравнительный график затрат за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах кладки в области оконных откосов при различной теплоизоляции фасадов (дефектность 25%).

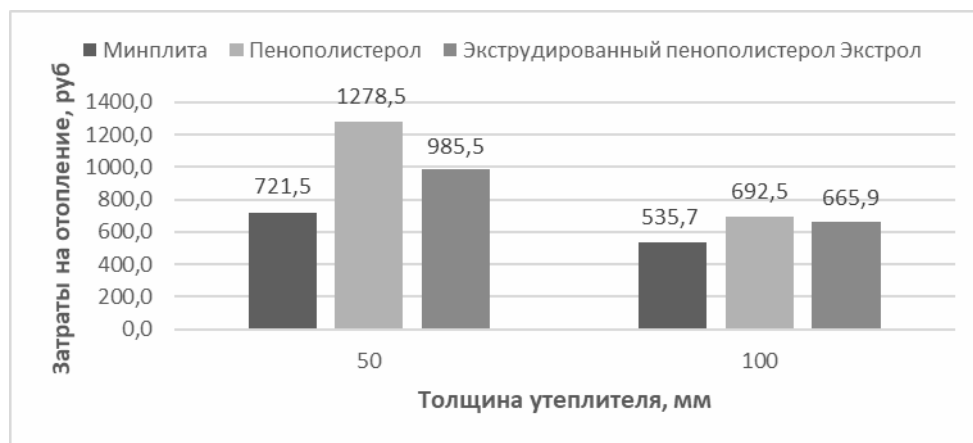


Рисунок 4.1.1.11 Сравнительный график затрат за год на отопление энергии, потерянной зданием при дефектах пены в области оконных откосов при различной теплоизоляции фасадов (дефектность 25%).

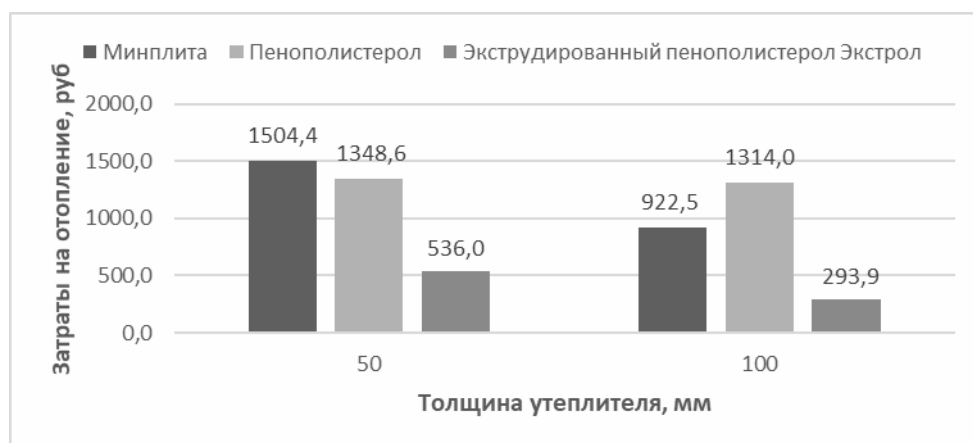


Рисунок 4.1.1.12 Сравнительный график затрат за год на отопление энергии, потерянной зданием при совместных дефектах кладки и пены в области оконных откосов при различной теплоизоляции фасадов (дефектность 25%).

### Выводы по сравнительным графикам затрат:

Из представленных графиков и гистограмм следует, что при условии 25% дефектности в здании, при разной толщине утеплителя наличие изучаемых дефектов будет повышать затраты:

1. Для зданий без утепления - каждый год переплата будет составлять до 4996,6 рубля;
2. Для зданий с утеплением экструдированным пенополистеролом Экстрол в 50 мм - каждый год переплата будет составлять до 985,5 рублей;
3. Для зданий с утеплением экструдированным пенополистеролом Экстрол в 100 мм - каждый год переплата будет составлять до 665,9 рублей.
4. Максимальная переплата за отопление приходится на здания с утеплением пенополистеролом, минимальная – на здания с утеплением экструдированным пенополистеролом Экстрол. Так максимально возможные затраты превышают минимальные в среднем на 48%.

#### 4.1.2 Выбор экономически обоснованного утеплителя

При комплексном подходе в выборе утеплителя требуются дополнительные расчеты, учитывающие реальное термическое сопротивление стенового ограждения здания, стоимость материалов и работ.

Градусо-сутки отопительного периода, °С·сут/год, определяют по формуле 5.2 СП 50.13330.2012 [14]:

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}} \quad (4.1.2.1)$$

где  $t_{\text{от}}$ ,  $z_{\text{от}}$ , - средняя температура наружного воздуха, °С, и продолжительность, сут/год, отопительного периода, принимаемые для периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С;

$t_{\text{в}}$  - расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С, принимаемая по таблица 7.2 СП 118.13330.2012 [85].

$$\text{ГСОП} = (21 - (-6,5)) \cdot 218 = 5995 \text{ °С} \cdot \text{сут/год}$$

Определяем нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции по формуле 5.1 СП 50.13330.2012 [14]:

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тп}} \cdot m_p \quad (4.1.2.2)$$

где  $R_0^{\text{тп}}$  - базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции,  $\text{м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$ , определяемое по таблице 3 СП 50.13330.2012 [14]:

$$R_0^{\text{тп}} = a \cdot \text{ГСОП} + b \quad (4.1.2.3)$$

где  $a = 0,0003$ ,  $b = 1,2$  для данного типа здания.

$$R_0^{\text{тп}} = 0,0003 \cdot 5995 + 1,2 = 3,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$$

$m_p$  - коэффициент, учитывающий особенности региона строительства. В расчете принимается равным 1.

$$R_0^{\text{норм}} = 3,0 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$$

Согласно Постановлению Правительства РФ от 25 января 2011 г. N 18 [18] для достижения показателей энергетической эффективности реконструируемых или проходящих капитальный ремонт зданий (за исключением многоквартирных домов), строений, сооружений с 1 января 2018 г. приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций должно быть увеличено на 20 процентов по отношению к базовому уровню.

$$\text{Так, } R_0^{\text{норм}} = 3,0 \cdot 1,2 = 3,6 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C/Вт)}$$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции рассчитываем с учетом теплопотерь через витражное остекление (согласно СП 230.1325800.2015):

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{R_0^{\text{усл}}} + \sum l_i \Psi_i} \quad (4.1.2.4)$$

где  $R_0^{усл}$  - условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания  $м^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$R_0^{усл} = 1,07 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$  установлено экспериментально (Приложение Е)

$l_i$  - протяженность линейной неоднородности, приходящаяся на 1 м фрагмента теплозащитной оболочки здания,  $м/м^2$ :

Весь фасад здания имеет общую площадь  $1600 м^2$ . Суммарная площадь витражей  $388 м^2$ .

Площадь поверхности фрагмента ограждающей конструкции составляет  $A = 1600 - 388 = 1212 м^2$

Общая длина оконных откосов  $364 м$ .

Длина откосов, приходящаяся на  $1 м^2$  площади фрагмента, равна:

$$l_1 = 364 / 1212 = 0,3 м/м^2$$

$\Psi_i$  - удельные потери теплоты через линейную неоднородность,  $Вт/(м \cdot ^\circ C)$ :

$\Psi_i = 0,10 Вт/м^2 \cdot ^\circ C$  – как усредненные удельные теплотопотери, установленные экспериментально.

Таблица 4.1.2.1 – Удельный поток теплоты для узла примыкания оконного блока к стене

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом, $Вт/м^2 \cdot ^\circ C$
Линейный элемент (оконные проемы) 1	$l_1 = 0,3 м/м^2$	$\Psi_1 = 0,10$	$\Psi_1 l_1 = 0,30$

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции:

$$R_0^{пр} = \frac{1}{\frac{1}{1,07} + 0,30} = 0,81 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$$

Вывод: величина приведённого сопротивления теплопередаче  $R_0^{пр}$  меньше базового значения сопротивления теплопередаче  $R_0^{норм} = 3,0 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$  без учета повышения показателей согласно Постановлению Правительства №18 [18]. Для достижения требуемого значения приведенного сопротивления теплопередаче  $R_{тр} = 3,6 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$  требуется использовать дополнительное утепление.

**Рассчитаем количество и стоимость разных видов утеплителей для данной ситуации:**

**1. Утепление с помощью минераловатной изоляции.**

Рассчитаем значение условного сопротивления передачи для 1-го слоя утепления толщиной  $50 мм$ :

$$R_{150}^{усл} = R_0^{усл} + R_i = R_0^{усл} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} = 3,12 м^2 \cdot ^\circ C / Вт$$

Где:

$R_{150}^{усл}$  – условное сопротивление передачи при 50 мм утепления,  $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$R_0^{усл}$  – условное сопротивление передачи стен здания,  $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$R_i$  – термическое сопротивление отдельного слоя конструкции,  $м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ ;

$\delta_m$  – толщина слоя конструкции, м;

$\lambda_m$  – коэффициент теплопроводности материала,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ .

Из расчета видно, что:

$$R_{150}^{усл} < R_{тр}$$

Следовательно, одного слоя утеплителя в 50 мм будет недостаточно для требуемого значения сопротивления теплопередачи.

Рассчитаем значение условного сопротивления передачи для 2-го слоя утепления толщиной 50 мм:

$$R_{100}^{усл} = R_0^{усл} + R_i = R_0^{усл} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} = 4,37 \text{ } м^2 \text{ } ^\circ\text{C}/\text{Вт}$$

$$R_{150}^{усл} > R_{тр}$$

Следовательно, для выполнения условия теплозащиты здания необходимо утепление в 2 слоя.

Количество плит утеплителя для одного слоя (размер стандартной плиты 1000x600x50 мм):

$$N_{\text{минплит}} = \frac{S_{\text{стенздания}}}{S_{\text{плиты}}} \cdot k_{\text{зап}} = \frac{1080}{0.6} \cdot 1,15 = 2070 \text{ штук}$$

где:

$N_{\text{минплит}}$  – количество плит минераловатной изоляции, необходимых для полного закрытия фасада здания, штук;

$S_{\text{стенздания}}$  – общая площадь стен здания, без учета остекления,  $м^2$ ;

$S_{\text{плиты}}$  – площадь покрытия поверхности одной плитой,  $м^2$ ;

$k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса для расчета количества материала утеплителя минераловатной изоляции;

Общая стоимость материала составит:

$$\Sigma_p = n \cdot N_{\text{минплит}} \cdot P = 2 \cdot 2070 \cdot 60 = 249000 \text{ р.}$$

где:

$\Sigma_p$  – стоимость материала, руб;

$n$  – количество слоев утепления в 50 мм;

$N_{\text{минплит}}$  – количество плит, штук;

$P$  – стоимость одной плиты, руб.

## 2. Утепление с помощью пенополистерола:

Рассчитаем значение условного сопротивления передачи для 1-го слоя утепления толщиной 50 мм:

$$R_{150}^{усл} = R_0^{усл} + R_i = R_0^{усл} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} = 3,29 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

Где:

$R_{150}^{усл}$  – условное сопротивление передачи при 50 мм утепления,  $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ;

$R_0^{усл}$  – условное сопротивление передачи стен здания,  $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ;

$R_i$  – термическое сопротивление отдельного слоя конструкции,  $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ;

$\delta_m$  – толщина слоя конструкции, м;

$\lambda_m$  – коэффициент теплопроводности материала,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ .

Из расчета видно, что:

$$R_{150}^{усл} < R_{тр}$$

Следовательно, одного слоя утеплителя в 50 мм будет недостаточно для требуемого значения сопротивления теплопередачи.

Рассчитаем значение условного сопротивления передачи для 2-го слоя утепления толщиной 50 мм:

$$R_{1100}^{усл} = R_0^{усл} + R_i = R_0^{усл} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} = 4,73 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

$$R_{150}^{усл} > R_{тр}$$

Следовательно, для выполнения условия теплозащиты здания необходимо утепление в 2 слоя.

Количество плит утеплителя для одного слоя (размер стандартной плиты 1000x600x50 мм):

$$N_{\text{минплит}} = \frac{S_{\text{стенздания}}}{S_{\text{плиты}}} \cdot k_{\text{зап}} = \frac{1080}{0.6} \cdot 1,15 = 2070 \text{ штук}$$

Где:

$N_{\text{минплит}}$  – количество плит минераловатной изоляции, необходимых для полного закрытия фасада здания, штук;

$S_{\text{стенздания}}$  – общая площадь стен здания, без учета остекления,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{плиты}}$  – площадь покрытия поверхности одной плитой,  $\text{м}^2$ ;

$k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса для расчета количества материала утеплителя минераловатной изоляции;

Общая стоимость материала составит:

$$\Sigma_p = n \cdot N_{\text{минплит}} \cdot P = 2 \cdot 2070 \cdot 183 = 758000 \text{ р.}$$

Где:

$\Sigma_p$  – стоимость материала, руб;

$n$  – количество слоев утепления в 50 мм;

$N_{\text{минплит}}$  – количество плит, штук;

$P$  – стоимость одной плиты, руб.



### 3. Утепление с помощью экструдированного пенополистерола Экстрол изоляции.

Рассчитаем значение условного сопротивления передачи для 1-го слоя утепления толщиной 50 мм:

$$R_{150}^{усл} = R_0^{усл} + R_i = R_0^{усл} + \frac{\delta_m}{\lambda_m} = 3,59 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$$

Где:

$R_{150}^{усл}$  – условное сопротивление передачи при 50 мм утепления,  $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ;

$R_0^{усл}$  – условное сопротивление передачи стен здания,  $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ;

$R_i$  – термическое сопротивление отдельного слоя конструкции,  $\text{м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$ ;

$\delta_m$  – толщина слоя конструкции, м;

$\lambda_m$  – коэффициент теплопроводности материала,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ .

Из расчета видно, что:

$$R_{150}^{усл} > R_{тр}$$

Следовательно, для выполнения условия теплозащиты здания необходимо утепление в 1 слой.

Количество плит утеплителя для одного слоя (размер стандартной плиты 1000x600x50 мм):

$$N_{\text{минплит}} = \frac{S_{\text{стенздания}}}{S_{\text{плиты}}} \cdot k_{\text{зап}} = \frac{1080}{0.6} \cdot 1,15 = 2070 \text{ штук}$$

Где:

$N_{\text{минплит}}$  – количество плит минераловатной изоляции, необходимых для полного закрытия фасада здания, штук;

$S_{\text{стенздания}}$  – общая площадь стен здания, без учета остекления,  $\text{м}^2$ ;

$S_{\text{плиты}}$  – площадь покрытия поверхности одной плитой,  $\text{м}^2$ ;

$k_{\text{зап}}$  – коэффициент запаса для расчета количества материала утеплителя минераловатной изоляции;

Общая стоимость материала составит:

$$\Sigma_p = n \cdot N_{\text{минплит}} \cdot P = 1 \cdot 2070 \cdot 60 = 125000 \text{ р.}$$

Где:

$\Sigma_p$  – стоимость материала, руб;

$n$  – количество слоев утепления в 50 мм;

$N_{\text{минплит}}$  – количество плит, штук;

$P$  – стоимость одной плиты, руб.

Сведем полученные результаты расчета в общую таблицу:

Таблица 4.1.2.2 - Затраты на приобретение материала

№	Утеплитель	Количество слоев	Общая толщина утеплителя	Стоимость материала, руб.
1	Минераловатная изоляция	2	100	249000
2	Пенополистерол	2	100	758000
3	Экструдированный пенополистерол	1	50	125000



Рисунок 4.1.2.1 Сравнение затрат на приобретение материала

Сравним полученные значения из главы 3 пункта 3.3.2:

Таблица 4.1.2.3 – Сравнение удельных теплотерь разных вариантов утепления

Утеплитель	Толщина	Удельные теплотери			
		Без дефекта	Дефект кладки	Дефект пены	Совместный дефект
Экстрол	50	0,111	0,114	0,185	0,142
Пенополистерол	100	0,078	0,089	0,111	0,138
Минплита	100	0,084	0,08	0,107	0,136

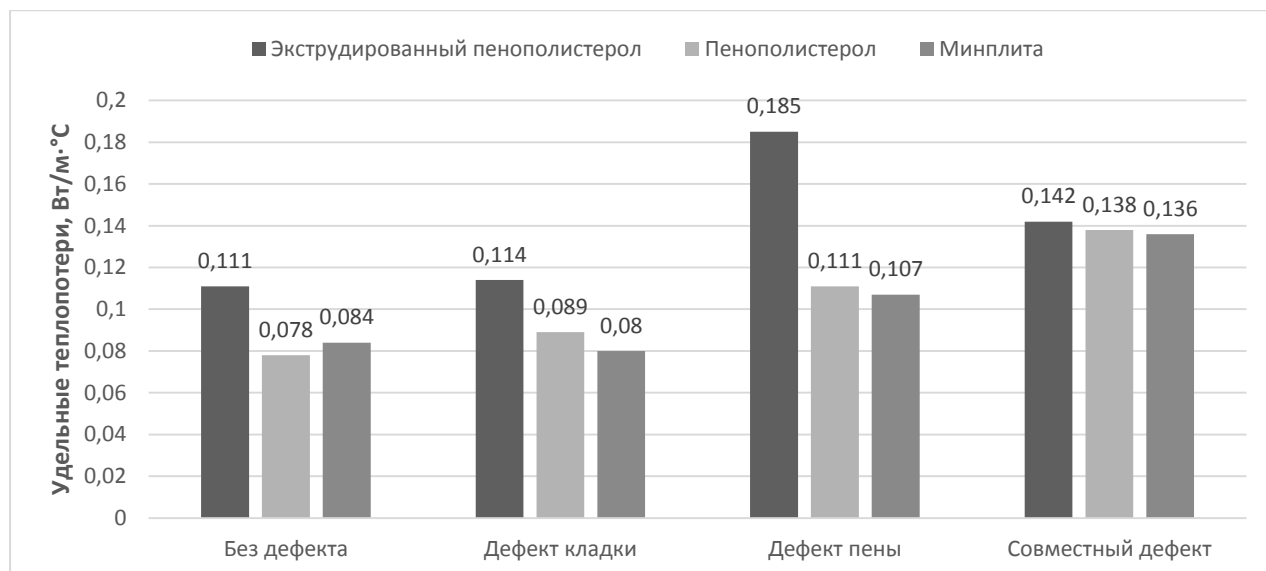


Рисунок 4.1.2.2 Сравнение удельных теплопотерь разных вариантов утепления

**Выводы по экономическому обоснованию типа утеплителя:**

По значениям удельных теплопотерь видно, что максимальное различие худшего результата от лучшего составляет 40%, что позволит сэкономить в год около 310 рублей (сумма рассчитывается в соответствии с формулой 4.1.1.1) со всей площади остекления при выборе утеплителя минплита/пенополистерол толщиной в 100, в замен утеплителя Экстрол толщиной 50 мм, но как видно по результатам затрат на материалы окупаемость такого выбора составит намного большее время максимально возможного срока эксплуатации здания.

## 4.2 Разработка практических рекомендаций

1. Необходимо учитывать (проверять) наличие дефектов у зданий, проводить работы по их устранению, либо уменьшать их влияние за счет добавления дополнительной теплозащиты.

2. Применение моделирования позволяет в кратчайшие сроки рассчитать удельные теплопотери через любой узел с точностью сопоставимой применительно к реальным условиям эксплуатации зданий в конкретный период времени. Позволяет экономить не только время на проведение натурного замера/ эксперимента, но и также снижает трудозатраты на подготовку.

3. Рекомендуется проводить полную тепловизионную съемку всех элементов конструкции объекта, не ограничиваясь отдельными окнами и узлами, на всех возможных этапах. Вести отдельный учет, в котором будут представлены все сделанные термограммы и дальнейшие исправления на их основе.

4. Стараться выбирать тип утеплителя в соответствии с полным обоснованным расчетом, исходя из реальных показателей конструкции.

5. В ходе проделанной работы были получены данные, показывающие, на реально существующем здании (после полной замены светопрозрачных конструкций) несоответствие показателей ограждающих конструкций лабораторного корпуса требованиям энергетической эффективности. На этом примере показано применение теплотехнического и экономического расчета с обоснованием выбора утеплителя.

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

## Заключение

Исследование по изучению влияния различных видов утеплителя, его толщины, возможных дефектов в зоне оконного откоса реальных конструкции на значения удельных теплотерь позволили наглядно показать важность их учета, а также проанализировать возможности правильного применения для уже построенных и эксплуатируемых зданий.

Все вопросы, обобщенные в целях настоящей работы и подробно раскрытые в основном исследовании, позволяет следующие основные выводы:

1. На основе разработанного стенда, имитирующего реальную ограждающую конструкцию, получены прямые и косвенные значения параметров, достаточно точно показывающие теплотери через исследуемую область.

2. Проведенное численное моделирование в ПК Элькат и сопоставление с данными полученными в ходе лабораторного эксперимента подтверждает применимость данного метода исследования, так как сходимость результатов была в пределах 11%.

3. Результаты исследований позволяют применить полученные данные к реальным зданиям, как с изученной дефектностью в работе – 25%, так и для любой другой.

4. По анализу результатов определен наиболее эффективный тип утеплителя для условий Челябинской области – экструдированный пенополистерол. Его применение возможно при детальном изучении каждой ситуации с позиции как теплового расчета, так и с позиции экономического расчета.

5. Предлагаемая методика определения удельных теплотерь (по замеру на экспериментальном стенд) применима для любого существующего, либо проектируемого узла.

6. Относительное уменьшение затрат за отопительный период для ситуации с разной дефектностью составляет 48%.

7. Изучение и определение реальной дефектности зданий, их своевременное устранение, а также возможное утепление фасада позволит выполнить принятые законы о повышении энергоэффективных показателей в России.

Полученные результаты позволяют комплексно взглянуть на влияние различных факторов в процессе возведения и эксплуатации здания, оценить теплотери, влияющие на повышение затрат на отопление, а также способы контроля и исправления дефектов элементов ограждающих конструкций. Только системный подход к вопросу тщательного контроля качества на каждом этапе возведения и эксплуатации зданий позволит максимально избежать дополнительных затрат.

## Библиографический список

1. Матросов, Ю.А. Поэлементное теплотехническое нормирование ограждающих конструкций зданий / Ю.А. Матросов, И.Н. Бутовский // Жил. Стр-во. – 1995. - №12. – С.6-10
2. 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). - <http://base.garant.ru/12171109/>
3. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. N 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (с изменениями и дополнениями). - <http://base.garant.ru/12172032/>
4. Граник, Ю.Г. Тепловая изоляция жилых и гражданских зданий / Ю.Г. Граник // Энергосбережение. - 2005, - вып. (№) 10. - С. 104-108.]
5. Светопрозрачные конструкции в России: состояние и перспективы развития. - <http://www.stroy-profi.info/archive/11461>
6. ГОСТ Р 51387-99 Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. - <http://docs.cntd.ru/document/1200005848>
7. Распоряжение Правительства РФ от 27.12.2010 N 2446-р (ред. от 16.02.2013) Об утверждении государственной программы "Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на период до 2020 года". - [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_LAW\\_109625/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_109625/)
8. Основы Энергоэффективности и энергосбережения. - <https://studfiles.net/preview/3731557/page:13/>
9. Матросов, Ю.А. Энергосбережение в зданиях. Проблема и пути ее решения / Ю.А. Матросов. – М.:НИИСФ, 2008. – 496 с.
10. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. - <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>
11. СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий. - <http://docs.cntd.ru/document/1200035109>
12. СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. - <http://files.stroyinf.ru/Data1/43/43635/>
13. СНиП II-3-79\* Строительная теплотехника (с Изменениями N 1-4). - <http://docs.cntd.ru/document/871001234>
14. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. - <http://docs.cntd.ru/document/1200095525>
15. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. N 889 "О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики". - <http://base.garant.ru/193388/>
16. Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. N 1521 "Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		105

обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений" (с изменениями и дополнениями). - <http://base.garant.ru/70835592/>

17. Приказ Министерства регионального развития РФ от 23 июня 2010 г. № 294 "О внесении изменений в приказ Министерства регионального развития Российской Федерации от 30 декабря 2009 года № 624 "Об утверждении Перечня видов работ по инженерным изысканиям, по подготовке проектной документации, по строительству, реконструкции, капитальному ремонту объектов капитального строительства, которые оказывают влияние на безопасность объектов капитального строительства". - <http://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/2224889/#ixzz5cze2XhGh>

18. Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. N 18 "Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов" (с изменениями и дополнениями). - <http://base.garant.ru/12182261/#ixzz5czeRq2Mw>

19. Плюсы и минусы витражного остекления фасада. - <http://glazingmag.ru/vitrazhnoe-osteklenie/>

20. Фасадное остекление алюминиевым профилем. - <https://bazafasada.ru/fasad-zdaniy/osteklenie-alyuminievym-profilem.html>

21. Светопрозрачные конструкции из алюминиевого профиля. - <https://fasad-exp.ru/osteklenie-steklyannye-fasady/svetoprozrachnye-konstrukcii-iz-alyum.html>

22. Что такое фасадный витраж. Мировой опыт использования. - <https://bazafasada.ru/fasad-zdaniy/vitrazhnoe-osteklenie-fasadov.html>

23. Фасадное остекление. - <http://okno.plus/catalogs/1/sections/5/products/15>

24. СП 48.13330.2011 Организация строительства. Актуализированная редакция СНиП 12-01-2004 (с Изменением N 1). - <http://docs.cntd.ru/document/1200084098>

25. ГОСТ Р 21.1101-2013 Система проектной документации для строительства (СПДС). Основные требования к проектной и рабочей документации (с Поправкой). - <http://docs.cntd.ru/document/1200104690>

26. ГОСТ 9416-83 Уровни строительные. Технические условия. - <http://docs.cntd.ru/document/9054168>

27. СНиП 3.04.01-87 Изоляционные и отделочные покрытия. - <http://docs.cntd.ru/document/871001187>

28. ГОСТ 10528-90 Нивелиры. Общие технические условия (с Изменением N 1). - <http://docs.cntd.ru/document/1200003817>

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		106

29. ГОСТ 7502-98 Рулетки измерительные металлические. Технические условия. - <http://docs.cntd.ru/document/1200004328>
30. Строительные нормы и правила СНиП 12-03-2001 "Безопасность труда в строительстве. Часть 1. Общие требования". - <http://base.garant.ru/12123914/53f89421bbdaf741eb2d1ecc4ddb4c33/#ixzz5d0v50sC>  
D
31. СТО НОСТРОЙ 2.33.51-2011 Организация строительного производства. Подготовка и производство строительных и монтажных работ (с Поправкой). - <http://docs.cntd.ru/document/1200094418>
32. ГОСТ 26433.0-85 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Общие положения. - <http://docs.cntd.ru/document/901708135>
33. ГОСТ 26433.1-89 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений. Элементы заводского изготовления. - <http://docs.cntd.ru/document/1200001318>
34. ГОСТ 166-89 (СТ СЭВ 704-77 - СТ СЭВ 707-77; СТ СЭВ 1309-78, ИСО 3599-76) Штангенциркули. Технические условия (с Изменениями N 1, 2). - <http://docs.cntd.ru/document/1200012675>
35. ГОСТ 24297-2013 Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. - <http://docs.cntd.ru/document/1200108068>
36. ГОСТ 26433.2-94 Система обеспечения точности геометрических параметров в строительстве. Правила выполнения измерений параметров зданий и сооружений. - <http://docs.cntd.ru/document/1200000165>
37. ГОСТ Р 51254-99 (ИСО 6789-92) Инструмент монтажный для нормированной затяжки резьбовых соединений. Ключи моментные. Общие технические условия. - <http://docs.cntd.ru/document/1200026378>
38. РД-11-02-2006 . Требования к составу и порядку ведения исполнительной документации при строительстве, реконструкции, капитальном ремонте объектов капитального строительства и требования, предъявляемые к актам освидетельствования работ, конструкций, участков сетей инженерно-технического обеспечения. - <http://docs.cntd.ru/document/902023790>
39. Градостроительный кодекс Российской Федерации (с изменениями на 3 августа 2018 года) (редакция, действующая с 1 января 2019 года). - <http://docs.cntd.ru/document/901919338>
40. ГОСТ 23166-99 Блоки оконные. Общие технические условия (с Изменением N 1, с Поправкой). - <http://docs.cntd.ru/document/1200006801>
41. ГОСТ 31937-2011 Здания и сооружения. Правила обследования и мониторинга технического состояния. - <http://docs.cntd.ru/document/1200100941>



42. СТО НОСТРОЙ 2.35.63-2012 Конструкции ограждающие светопрозрачные. Окна. Часть 3. Правила обследования технического состояния в натуральных условиях. - <http://docs.cntd.ru/document/1200100188>

43. ГОСТ 26602.1-99 Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче (с Поправкой). - <http://docs.cntd.ru/document/1200005077>

44. ГОСТ 25380-82 Здания и сооружения. Метод измерения плотности тепловых потоков, проходящих через ограждающие конструкции. - <http://docs.cntd.ru/document/901707389>

45. ГОСТ 26253-2014 Здания и сооружения. Метод определения теплоустойчивости ограждающих конструкций. - <http://docs.cntd.ru/document/1200112314>

46. ГОСТ 26254-84 Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. - <http://docs.cntd.ru/document/901708146>

47. ГОСТ 26602.2-99 Блоки оконные и дверные. Методы определения воздухо- и водопроницаемости (с Поправкой). - <http://docs.cntd.ru/document/1200005076>

48. ГОСТ 26629-85 Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. - <http://docs.cntd.ru/document/901707162>

49. ГОСТ 31166-2003 Конструкции ограждающие зданий и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередачи. - <http://docs.cntd.ru/document/1200031985>

50. ГОСТ 31167-2009. Здания и сооружения. Методы определения воздухопроницаемости ограждающих конструкций в натуральных условиях. - <http://docs.cntd.ru/document/gost-31167-2009>

51. Тепловизор в борьбе за снижение тепловых потерь через окна. - <https://m-e-g-a.ru/elektrolaboratoriya/kachestvennoe-obsledovanie-okon-teplovizorom>

52. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / К.Ф. Фокин. - М., «АВОК-ПРЕСС», 2006. - 256 с

53. Мачинский В.Д. Теория активной теплоемкости жилых зданий / В.Д. Мачинский. – М., Изд. Глав. Управление Коммунального Хоз-ва НКВД, 1925. – 52 с.

54. Мачинский В.Д. Теплотехнические основы гражданского строительства / В.Д. Мачинский. – Изд. 2-е, исправл. и доп. – М. – Л., Госстройиздат, 1932. – 312 с.

55. Богословский В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха). Учебник для

вузов / В.Н. Богословский. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., Высшая школа, 1982. – 415 с.

56. Богословский В.Н. Тепловой режим здания / В.Н. Богословский. – М., Стройиздат, 1979. – 248 с.

57. Брилинг Р.Е. Воздухопроницаемость ограждающих конструкций и материалов / Р.Е. Брилинг. – М., Госстройиздат, 1948. – 102 с.

58. Копылов К.П. Теплопередача окон жилых зданий повышенной этажности. Дис. на соиск. уч. ст. к.т.н/К.П. Копылов. – М., Московский научно-исслед. и проектный ин-т типового и эксперимент. проектирования, 1970 – 184 с.

59. Кривошеин А.Д. Окна из ПВХ: анализ теплового режима узлов сопряжений с наружными стенами различного конструктивного решения/А.Д. Кривошеин//Современные строительные конструкции. Окна и двери. Информ. бюллетень. – 1998. - №4. – с.14-16.

60. Кривошеин А.Д. Окна из ПВХ: анализ теплового режима узлов сопряжений с наружными стенами различного конструктивного решения (окончание)/А.Д. Кривошеин//Современные строительные конструкции. Окна и двери. Информ. бюллетень. – 1998. - №5. – с.11-13.

61. Кривошеин А.Д. Анализ опыта устройства окон из ПВХ-профилей фирмы «Brugmann» в наружных стенах различного конструктивного решения/А.Д. Кривошеин, Г.А. Пахотин//Светопрозрачные конструкции. – 1999. - №7-8. – с.4-7.

62. Кривошеин А.Д. Особенности теплового режима современных окон в краевых зонах/А.Д. Кривошеин, Г.А. Пахотин//Современные строительные конструкции. Окна и двери. Информ. бюллетень. – 1999. - №5. – с.6-9.

63. Петров Е.В. Влияние различных факторов на тепловые характеристики оконных заполнений. Автореферат дис. на соиск. уч. ст. к.т.н./Е.В. Петров. – Томск, Томский гос. Архитектурно-строит. ун-т, 2000. – 23 с.

64. Сальмонович П. Прикладная термокинетика или законъ Ньютона о теплопроводности въ приложеніи къ гражданскихъ искусству/П.Сальмоновичъ. СПб., Изданіе Института гражданскихъ инженеровъ, 1892. – 408 с.

65. Умнякова Н.П. Как сделать дом теплым/Н.П. Умнякова. – Изд. 2-е, перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1996. – 368 с.

66. Умнякова Н.П. Теплопередача через оконные откосы жилых зданий. Дис. на соиск. уч. ст. к.т.н/Н.П. Умнякова. – М., Московский инж. строит. ин-т им. В.В. Куйбышева, 1987. – 212 с.

67. Самарин О.Д. О температуре на внутренней поверхности оконных откосов и их теплотехнической безопасности / О.Д. Самарин // Светопрозрачные конструкции. - 2007. -№3. - с.14-17.

68. Монастырев П.В. Физико-технические и конструктивно-технологические основы термомодернизации ограждающих конструкций

жилых зданий (на примере центрально-черноземного региона). дис. на д-ра техн. наук: Тамбов, 2005. - 345 с.

69. Рыбаков М.М. Оценка влияния факторов устройства светопрозрачных конструкций на теплозащитные свойства гражданских зданий // Научный поиск: материалы седьмой научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. -С. 108-115.

70. Корниенко С.В. Температурный режим оконных откосов / С.В. Корниенко // Светопрозрачные конструкции. -2007. -№6. -С. 10-11.

71. Яковлев П.В. Возможности энергосбережения при проектировании и реконструкции оконных проемов / П.В. Яковлев // Светопрозрачные конструкции. -2009. - №5-6. - С. 33-35.

72. Харламов Д.А. Температурный режим стеклопакетов в краевых зонах / Д.А. Харламов // Окна и двери. - 2008. -№2 (128). -С. 37-41.

73. Кривошеин А.Д. К вопросу об улучшении температурного режима современных окон в краевых зонах / А.Д. Кривошеин, А.Д. Харламов // Светопрозрачные конструкции. -2005. -№1. -С. 10-14.

74. Сергиенко А.С. Тепловой и воздушный режимы оконных проемов культовых сооружений на примере православных храмов: дис. на соиск. уч. ст. к.т.н. / Нижний Новгород, - 2003. -С. 18-60.

75. Петрова Е.А. Исследование и разработка окон для промышленных зданий с повышенной влажностью воздуха в помещениях. Дис. На соиск. уч. ст. к.т.н./Е.А. Петрова. – М., Центральный научно-исслед. и проектно-эксперимент. ин-т пром. зд. и соор. 1990. – 199 с.

76. Рудь В.С. Оценка качества устройства светопрозрачных конструкций по параметрам энергосбережения: вып. кв. раб. магистра, - ЮУрГУ, 2017.

77. Костюнин А.С. Оценка качества устройства светопрозрачных конструкций по параметрам энергосбережения: вып. кв. раб. магистра, - ЮУрГУ, 2017.

78. Балакин Ю.И. Влияние дефектов на параметры энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса: вып. кв. раб. магистра, - ЮУрГУ, 2018.

79. ГОСТ 30971-2012 Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия. - <http://docs.cntd.ru/document/1200102010>

80. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. - <http://docs.cntd.ru/document/gost-30494-2011>

81. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменениями N 1, 2). - <http://docs.cntd.ru/document/1200095546>

					<i>ЮУрГУ-08.04.01.2019.159.ПЗ ВКР</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		110

82. СанПиН 2.2.4.1191-03 "Электромагнитные поля в производственных условиях" (с изменениями на 2 марта 2009 года) (утратило силу с 01.01.2017 на основании постановления Главного государственного санитарного врача РФ от 21.06.2016 N 81). - <http://docs.cntd.ru/document/901853847>

83. ГОСТ Р ИСО 9127-94. Системы обработки информации. Документация пользователя и информация на упаковке для потребительских программных пакетов. - <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-iso-9127-94>

84. ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 Информационная технология (ИТ). Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование. - <http://docs.cntd.ru/document/1200025075>

85. СТО НОП 2.1-2014 Требования по составу и содержанию энергетического паспорта проекта жилого и общественного здания. - <http://docs.cntd.ru/document/1200112395>

86. Крайнов Д.В. Расчет дополнительных теплотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса) / Д.В. Крайнов, И.Ш. Сафин, А.С. Любимцев // Инженерно-строительный журнал. – 2010. - №6.

87. Корниенко С.В. Оценка влияния краевых зон ограждающих конструкций на теплозащиту и энергоэффективность зданий / С.В. Корниенко // Инженерно-строительный журнал. – 2011. - №8.

88. Сторожик В.Г. Моделирование и параметрический анализ теплотерь через остекленные проемы помещений / Сторожик В.Г., Ковальногов Н.Н. // Вестник УлГТУ 1/2000

89. Беляев В.С. Энергосбережение при выборе светопрозрачных наружных ограждений / В.С. Беляев // Жилищное строительство. -2014. - №8.

90. Елохов А. Методики и примеры расчета тепловых мостов / А. Елохов // Строительство и техногенная безопасность. – 2015. - №1.

91. Власов И.Е. Влияние положения оконного блока на теплотери через узел примыкания к стеновому проему / И.Е. Власов, М.В. Новиков // Энергосберегающие технологии

92. Рыбаков М.М. Влияние конструкций навесной фасадной системы на величину дополнительной мощности теплового потока через оконный откос // М.М. Рыбаков // Интернет-журнал «Науковедение». – 2016. – том 8, №3.

**ПРИЛОЖЕНИЯ**  
**ПРИЛОЖЕНИЕ А**  
**Капотосъемник для фасадного остекления**



Рисунок А.1 Капотосъемник для фасадного остекления



Рисунок А.2 Снятие декоративных алюминиевых крышек

## ПРИЛОЖЕНИЕ Б

### Фотографии мест применения витражного остекления в пояснение к разделу 1.2



Рисунок Б.1 Витражное остекление зимнего сада



Рисунок Б.2 Витражное остекление балкон



Рисунок Б.3 Витражное остекление атриума



Рисунок Б.4 Витражное остекление зенитного фонаря

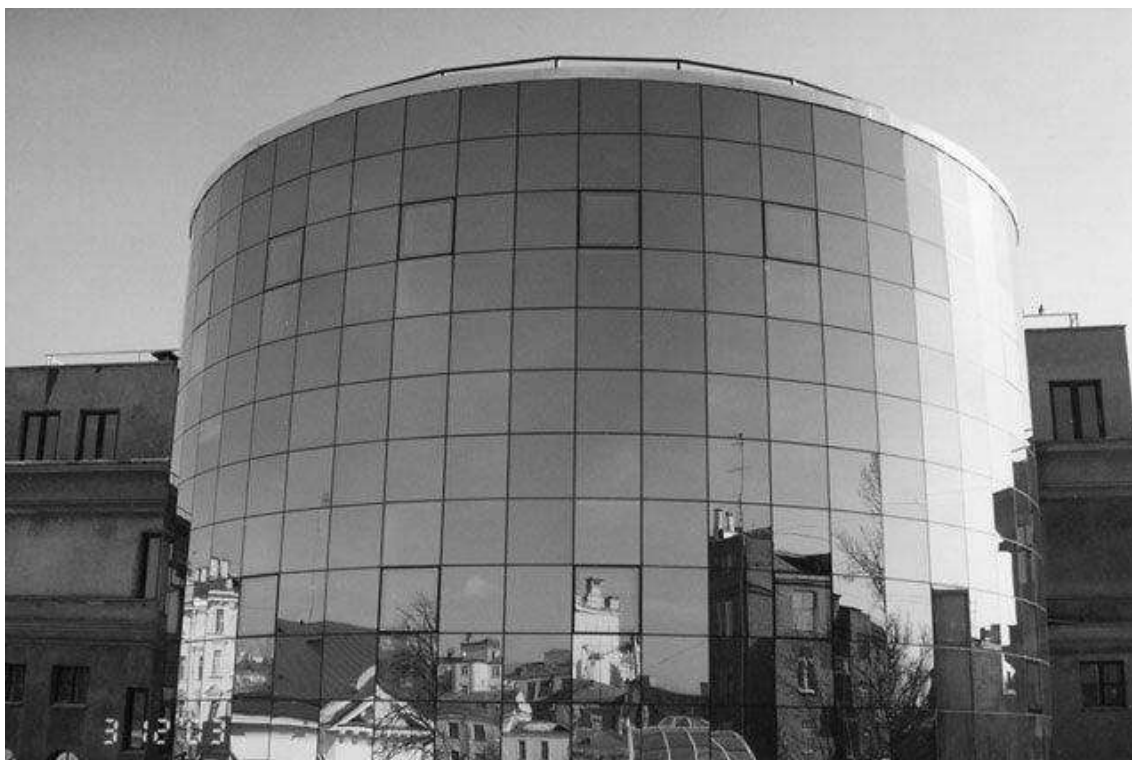


Рисунок Б.5 Полуструктурное витражное остекление фасада



Рисунок Б.6 Модульное витражное остекление фасада



## ПРИЛОЖЕНИЕ В

Таблица В1- Карта контроля технологических процессов

Контролируемый параметр	Предельное отклонение	Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнители	Оформление результатов контроля
<b>Входной контроль</b>							
Соответствие комплекта витражей фасадов по стоечно-ригельной системе и других комплектующих изделий требованиям нормативно-технической документации	Согласно НТД и НПА действующих на применяемые материалы	Выборочный	При приемке	Визуальный, измерительный, по ГОСТ 26433.1	Рулетка строительная в закрытом корпусе ГОСТ 7502-89 Р320, диапазон изм. (0-5000) мм ц. д. 1мм	Испытательное подразделение предприятия, мастер(прораб)	Журнал входного контроля
Условия хранения витражей фасадов по стоечно-ригельной системе комплектующих изделий соответствии требованиями НТД	Согласно НТД и НПА действующих на применяемые материалы	Выборочный	При приемке	Визуальный, измерительный	Термометр с ценой деления +1 ГOST28498, психрометр	Испытательное подразделение предприятия, мастер, (прораб)	Журнал входного контроля
<b>Операционный контроль</b>							

Контролируемый параметр	Предельное отклонение	Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнители	Оформление результатов контроля
Условия производства работ: - температура окр. воздуха - относительная ветровая нагрузка воздуха	Согласно НТД и НПА действующих на применяемые материалы	Сплошной	Ежедневно, перед началом производства работ	Измерительный, ГОСТ 26433.1	Термометр с ценой деления +1 по ГОСТ 28498, психрометр	Испытательное подразделение предприятия, мастер, (прораб)	Общий журнал входного контроля
Геометрические размеры (высота, ширина) проемов	Согласно требованиям СНиП 3.03.01	Сплошной, каждый блок Выборочный	То же	Измерительный, ГОСТ 26433.1	Рулетка строительная в закрытом корпусе (ГОСТ 7502-89 Р320), диапазон изм. (0-5000) мм ц. д. 1мм, отвес (ГОСТ 7948-80), уровень (ГОСТ 9392-89)	Мастер (прораб) Испытательное подразделение предприятия	То же

Контролируемый параметр	Предельное отклонение	Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнители	Оформление результатов контроля
Соосность витражей фасадов по стоечно-ригельной системе относительно к проемам	Не допускается	Сплошной, каждый блок Выборочный	Во время производства	Измерительный по ГОСТ 26433.1	Отвес строительный ОТ100-1 по ГОСТ 7948-80; угольник поверочный 900 по ГОСТ 3749 с размером сторон не менее толщины ограждающей конструкции; рулетка измерительная металлическая по ГОСТ 7502 с диапазоном Измерения 0-3000 мм, ценой деления 1 мм; линейка измерительная металлическая по ГОСТ 427 с диапазоном измерения 0-500 мм, ценой деления 1 мм, теодолит.	Мастер (прораб) Испытательное подразделение предприятия	То же

Контролируемый параметр	Предельное отклонение	Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнители	Оформление результатов контроля
Отклонение от горизонтальности и вертикальности установленных витражей фасадов по стоечно-ригельной системе	Не более 3 мм на 1 м длины и не более 6 мм на всю высоту изделия	То же	То же	То же	Уровень строительный по ГОСТ9416 не ниже первой группы точности; рейка контрольная по действующим нормативно-техническим док-ам длиной до 2000 мм, отклонением от прямолинейности не более 0,5 мм	То же	То же
Расстояние между крепежными элементами	Не допускается превышать допустимые значения	То же	То же	Визуальный, регистрация	-	То же	Общий журнал производства работ, акт освидетельствования скрытых работ
Наличие гидроизоляции и ее соответствие проектной (технологическому) док-ции	Не допускается несоответствие выполненной гидроизоляции требованиям проектной (технологическому) док-ции	То же	То же	Визуальный, Регистрацион-й	-	То же	Общий журнал производства работ, акт освидетельствования скрытых работ

Контролируемый параметр	Предельное отклонение	Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнители	Оформление результатов контроля
Наличие теплоизоляции и ее соответствие проектной (технологическому) документации, сплошность заполнения швов герметиком, наличие разрывов и плотность прилегания	То же	То же	То же	То же	-	То же	То же
Отклонение от горизонтальности и вертикальности установленных витражей фасадов по стоечно-ригельной системе	Не более 3 мм на 1 м длины и не более 6 мм на всю высоту изделия	Не менее 5% от объема выполненных работ	То же	То же	Уровень строительный по ГОСТ 9416 не ниже первой группы точности; рейка контрольная по действующим нормативно-техническим док-ам длиной до 2000 мм, отклонением от прямолинейности не более 0,5 мм	То же	То же

Контролируемый параметр	Предельное отклонение	Объем контроля	Периодичность контроля	Метод контроля (обозначение НТД)	Средства контроля, испытательное оборудование	Исполнители	Оформление результатов контроля
Прочность крепления витражей фасадов по стоечно-ригельной системе	То же	5% от объема вы-полненных работ по установке оконных блоков одного вида, но не менее 3 изделий. При наличии различных констр-ных решений по установке-испытанию подверг-ся не менее 3 изделий по каждому констр. реш.	Не ранее чем через 24 часа после монтажа окна	Визуальный, измерительный по ГОСТ 26433.1	Согласно ГОСТ 26433.1	Испытательная лаборатория (центр)	Протокол испытаний
Воздухопроницаемость швов по периметру витражей фасадов по стоечно-ригельной системе	То же	То же	То же	Измерительный по ГОСТ 26602.2	Согласно ГОСТ 26602.2	То же	То же

<b>Контролируемый параметр</b>	<b>Предельное отклонение</b>	<b>Объем контроля</b>	<b>Периодичность контроля</b>	<b>Метод контроля (обозначение НТД)</b>	<b>Средства контроля, испытательное оборудование</b>	<b>Исполнители</b>	<b>Оформление результатов контроля</b>
Сопротивление теплопередаче витражей фасадов по стоечно-ригельной системе	То же	То же	То же	Измерительный по ГОСТ 26602.2	Согласно ГОСТ 26602.2	То же	То же

## ПРИЛОЖЕНИЕ Г

### Виды витражного остекления

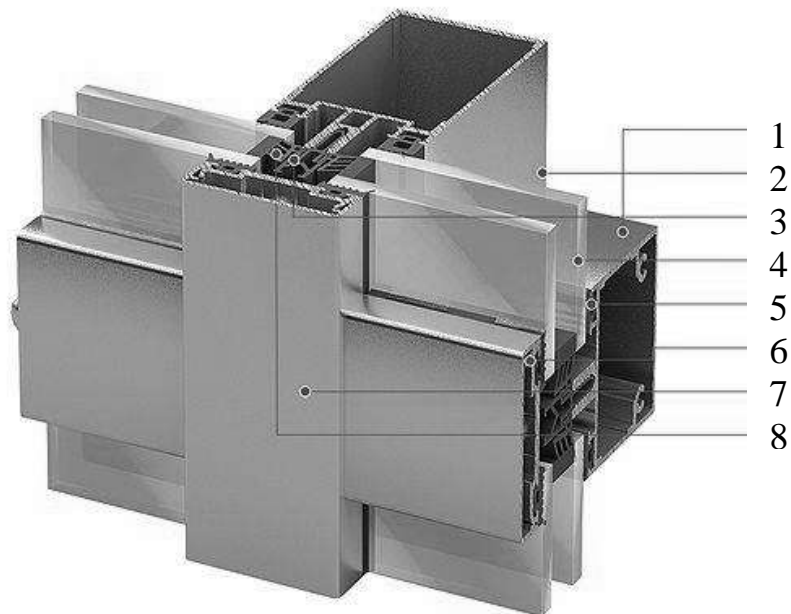


Рисунок Г.1 Схема стоечно-ригельного фасада  
(1 – ригель, 2 – стойка, 3 – термомост, 4 – стеклопакет, 5 – уплотнитель, 6 – прижимная планка, 7 – декоративная крышка, 8 – уплотнитель фальца стеклопакета)

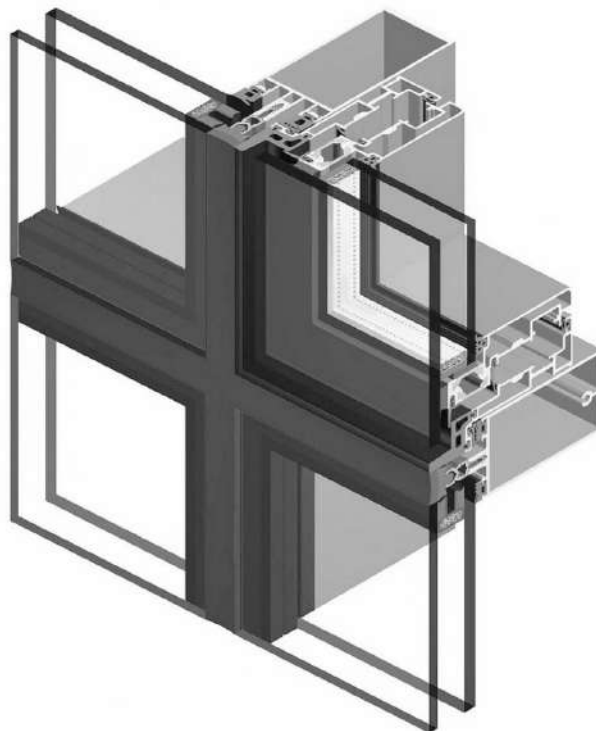


Рисунок Г.2 Структурное фасадное остекление



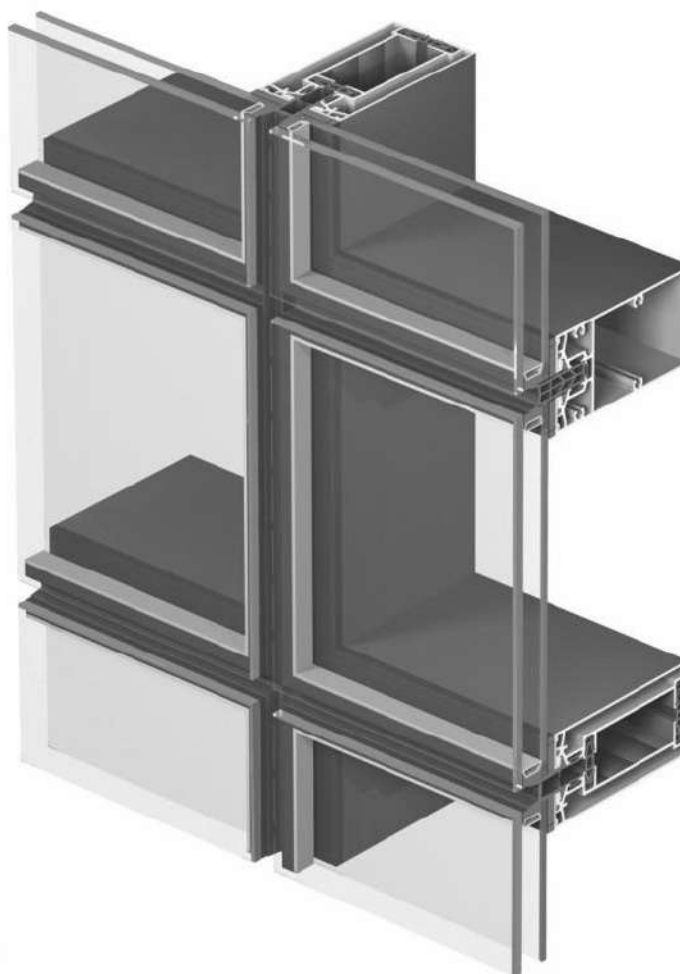


Рисунок Г.3 Полуструктурное фасадное остекление

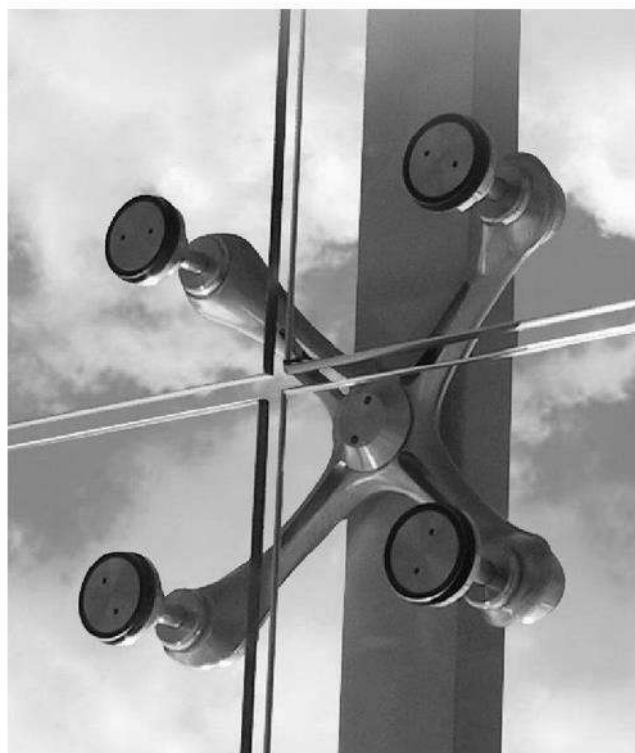
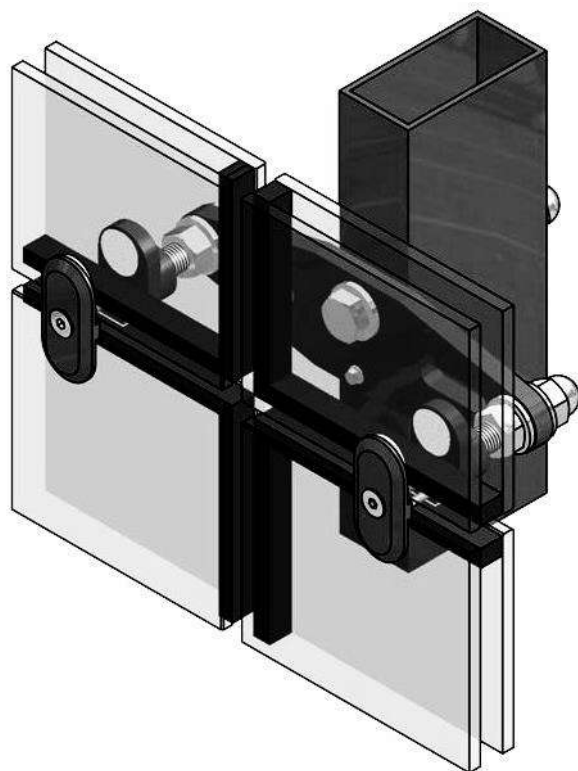


Рисунок Г.4 Спайдерное фасадное остекление

## ПРИЛОЖЕНИЕ Д

### Дефекты, влияющие на теплопередачу через узел оконного откоса (к разделу 1.6)



Рисунок Д.1 Отсутствие плотного прилегания пяток нижних кронштейнов витражей к стене-основе



Рисунок Д.2 Непроектное расстояние между витражной стойкой и стеной основой

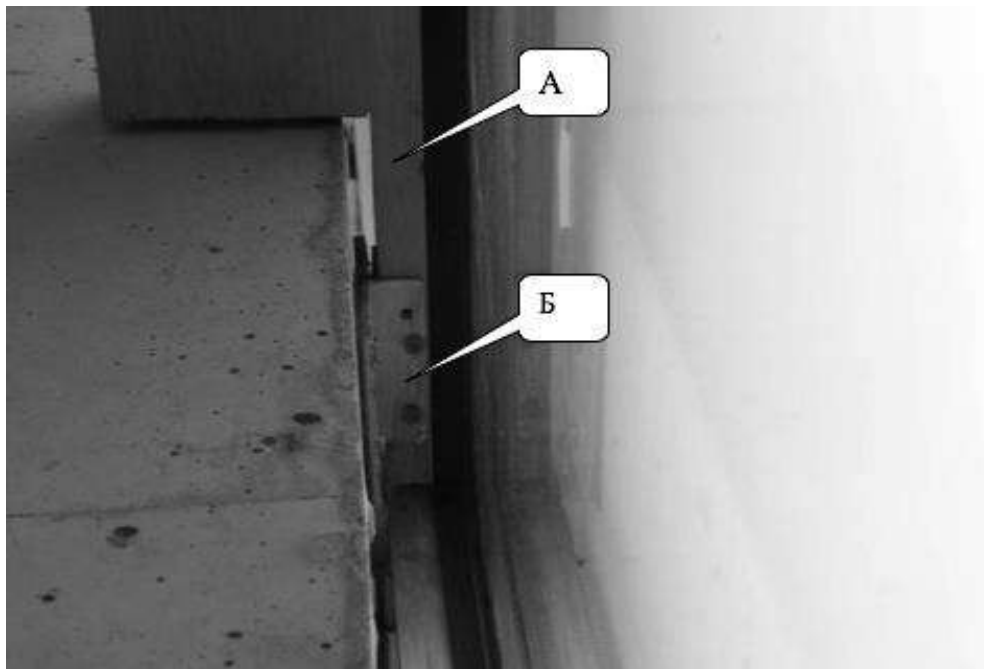


Рисунок Д.3 Использование основной колонны в качестве витражной стойки с креплением горизонтального ригеля витража к колонне с помощью уголка и уменьшением его сечения до 30% и менее (А – деревянный ригель, Б – уголок)

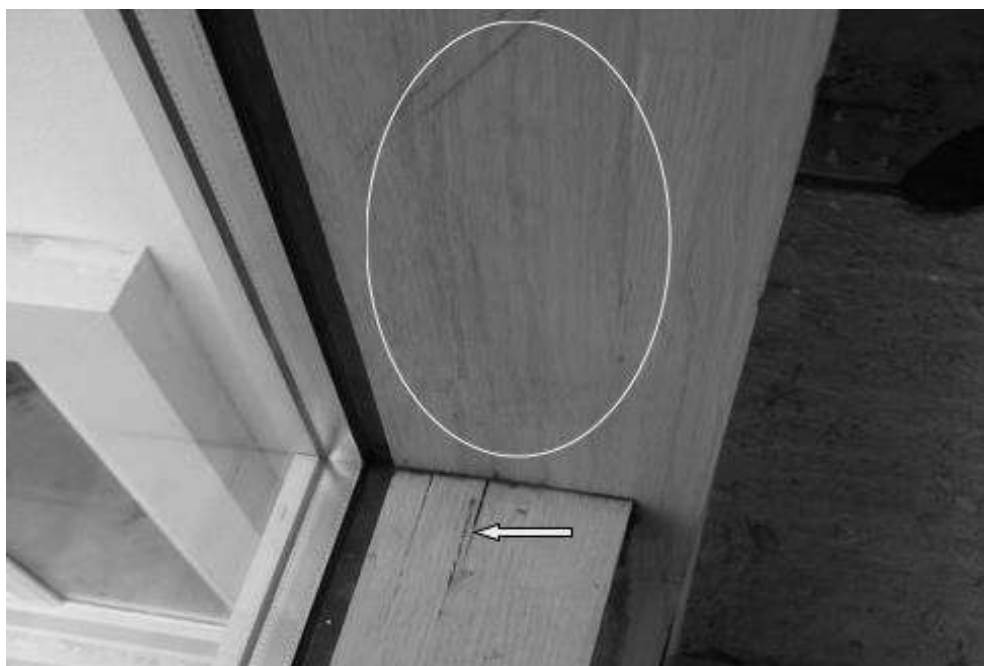


Рисунок Д.4 Переувлажнение и растрескивание элементов светопрозрачных конструкций вследствие протечек



Рисунок Д.5 Установка кронштейна на основание, не обладающего достаточной прочностью



Рисунок Д.6 Неперпендикулярность установки анкеров



Рисунок Д.7 Болты в верхней части овальных отверстий. Не обеспечена возможность перемещения стойки по направлению вверх.

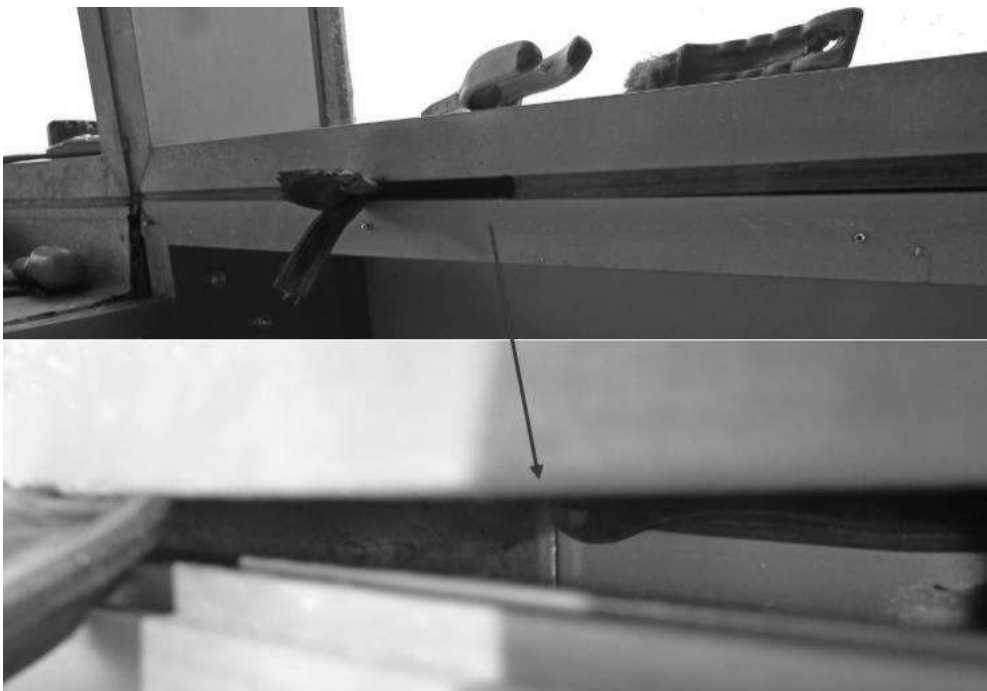


Рисунок Д.8 Смещение базового уплотнителя между модулями в процессе монтажа



Рисунок Д.9 Штабелирование и несоосность

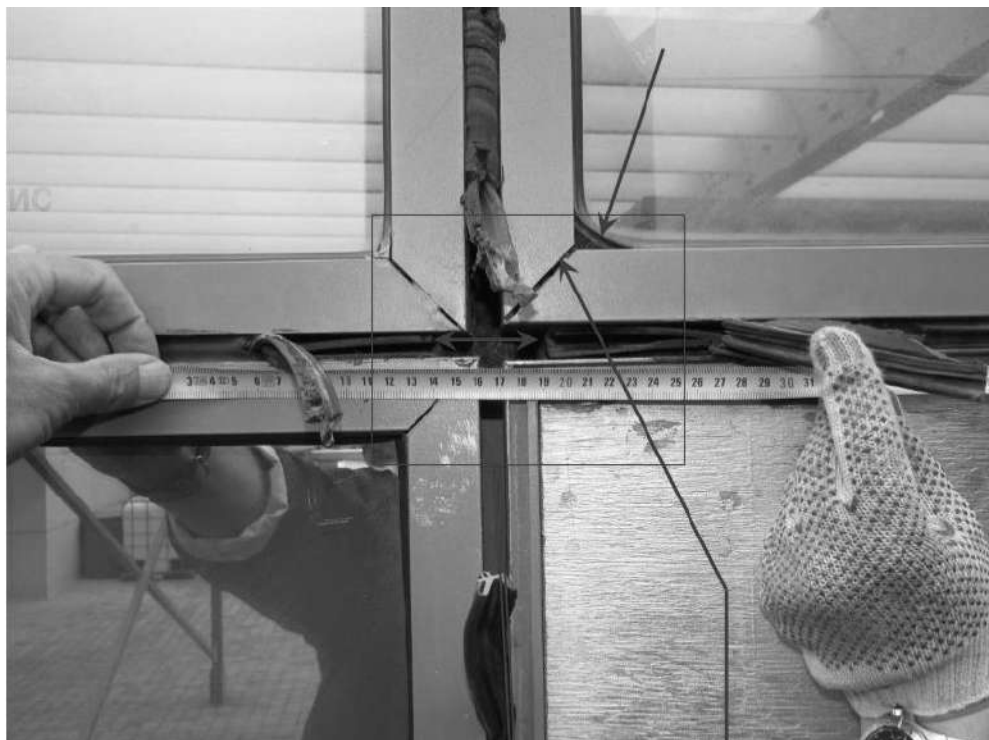


Рисунок Д.10 Некачественная установка уплотнителя. Зазоры между штапиками



Рисунок Д.11 Некачественная установка уплотнителя

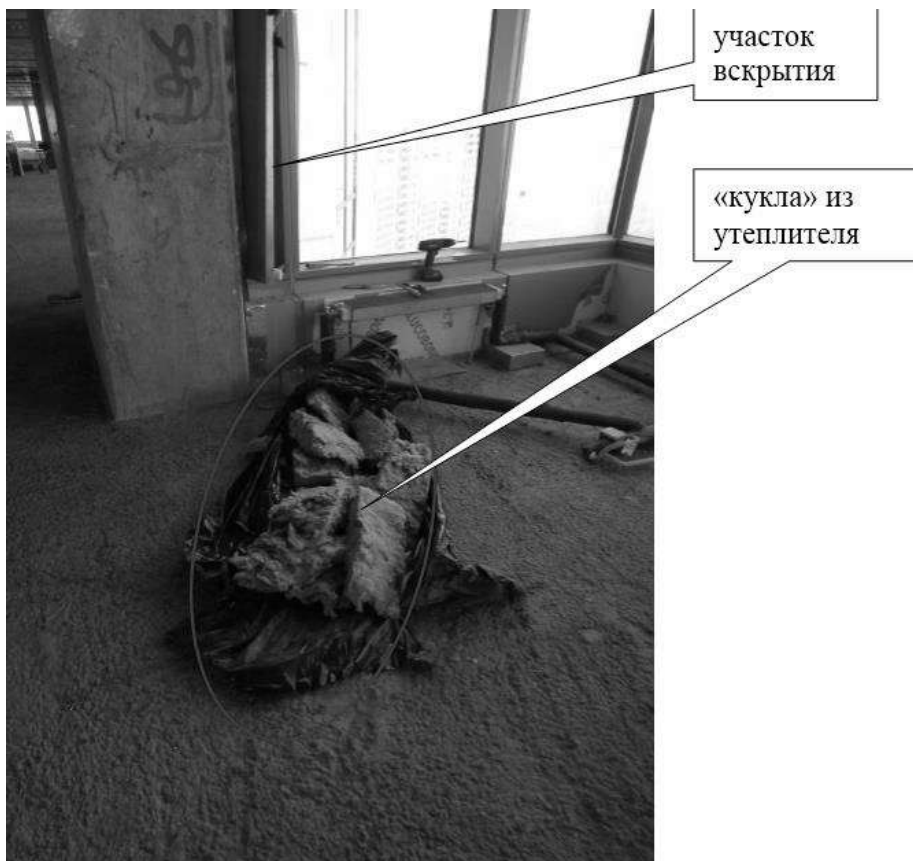


Рисунок Д.12 Некачественная теплоизоляция (так называемая «кукла»), установленная в модуле



Рисунок Д.13 Непроектная установка утеплителя

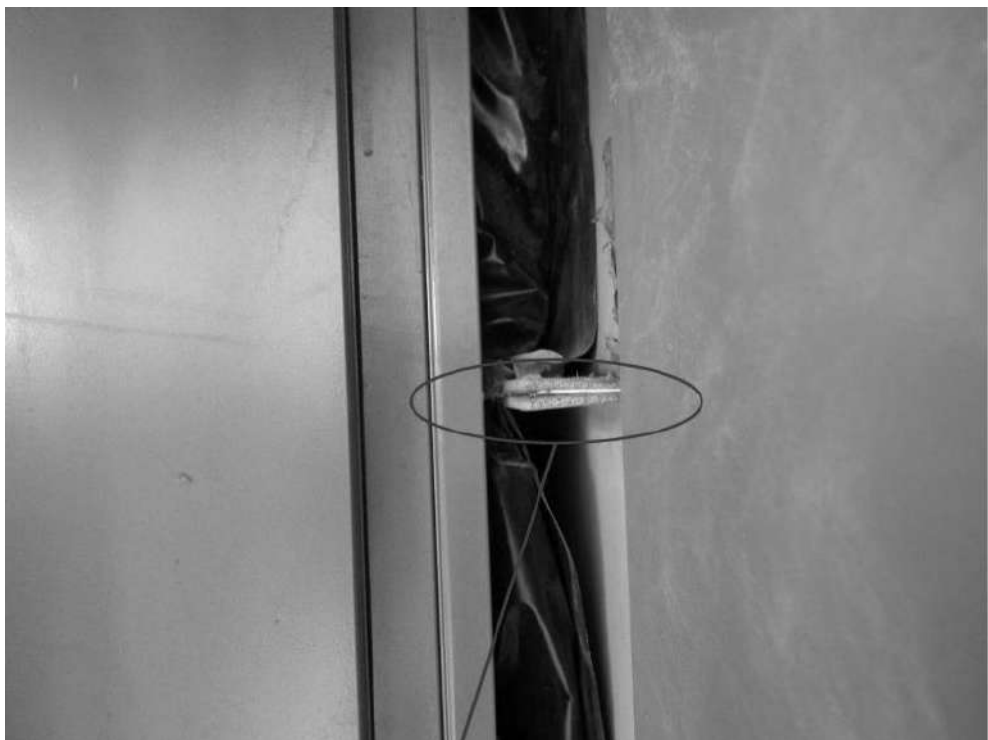


Рисунок Д.14 Сквозной шов между смежными панелями облицовки



## ПРИЛОЖЕНИЕ Е

### Замеры теплового потока стенового ограждения ЛК АСИ

Таблица Е.1 - ТГЦ-10МГ4Модуль:А Режим Наблюдения

№	Дата	Дл-сть изм., ч.	q1,Вт/м.кв	q2,Вт/м.кв	q3,Вт/м.кв	q4,Вт/м.кв	t1,°C	t2,°C	t3,°C	t4,°C	t5,°C	t6,°C	qcp
1	17/01/2019 14:19:48	24	27,3	31,8	36,1	38,6	-4,1	-7,1	22,8	22,5	23,1	26,8	33,45
2	17/01/2019 14:24:48	24	23,6	31,1	33,5	37,6	-4	-7,1	22,6	22,3	23	26,9	31,45
3	17/01/2019 14:29:48	24	26,7	33,1	38,2	39,1	-3,9	-6,9	22,6	22,3	23	26,9	34,275
4	17/01/2019 14:34:48	24	26,4	31,3	35,1	37,8	-3,9	-6,9	22,5	22,2	23	27	32,65
5	17/01/2019 14:39:48	24	25,7	32,3	35,6	37,1	-3,9	-6,9	22,5	22,2	23	26,9	32,675
6	17/01/2019 14:44:48	24	25,7	31,3	36,1	37,9	-3,9	-6,9	22,5	22,2	23	26,9	32,75
7	17/01/2019 14:49:48	24	28,1	32,7	35,6	38,9	-3,8	-6,7	22,5	22,2	23,1	27	33,825
8	17/01/2019 14:54:48	24	25,9	32	36,9	42,8	-3,8	-6,7	22,5	22,2	23,1	27,1	34,4
9	17/01/2019 14:59:48	24	28,4	34	35,6	40,3	-3,8	-6,9	22,5	22,2	23,1	27,1	34,575
10	17/01/2019 15:04:48	24	25,4	32,7	38	39,9	-3,8	-6,6	22,5	22,2	23,1	27,2	34
11	17/01/2019 15:09:48	24	27,8	32,9	37,3	42,1	-3,8	-6,7	22,5	22,2	23,1	27,2	35,025
12	17/01/2019 15:14:48	24	26,4	33,9	36,7	40,9	-3,8	-6,8	22,5	22,2	23,1	27,2	34,475
13	17/01/2019 15:19:48	24	29	32,3	36	39,3	-3,9	-6,8	22,5	22,3	23,1	27,2	34,15
14	17/01/2019 15:24:48	24	27,8	33,1	35,1	37,9	-3,9	-6,9	22,5	22,3	23,1	27,2	33,475
15	17/01/2019 15:29:48	24	26,3	32,7	37,8	41,3	-3,9	-6,8	22,5	22,3	23,2	27,2	34,525
16	17/01/2019 15:34:48	24	28,6	35,8	38,9	42,1	-4	-7	22,6	22,3	23,2	27,2	36,35
17	17/01/2019 15:39:48	24	30,6	33,2	38,4	41,8	-4	-6,9	22,6	22,3	23,1	27,2	36
18	17/01/2019 15:44:48	24	25,2	30,4	35,4	41,2	-4,1	-6,9	22,5	22,3	23,1	27,2	33,05
19	17/01/2019 15:49:48	24	25,9	32,2	37,1	41,9	-4,1	-6,9	22,5	22,3	23,2	27,2	34,275
20	17/01/2019 15:54:48	24	26,4	33,7	36,8	40,4	-4,1	-7	22,6	22,3	23,2	27,2	34,325
21	17/01/2019 15:59:48	24	25,6	31,7	36,9	41,6	-4,1	-6,9	22,5	22,3	23,2	27,2	33,95
22	17/01/2019 16:04:48	24	26,3	32,4	40,4	45,3	-4,2	-7	22,5	22,3	23,2	27,2	36,1
23	17/01/2019 16:09:48	24	26,3	33,2	38,1	41,6	-4,2	-7,1	22,6	22,3	23,2	27,2	34,8
24	17/01/2019 16:14:48	24	28,5	31,4	36,3	41,5	-4,2	-7	22,5	22,3	23,2	27,2	34,425
....													

№	Дата	Дл-сть изм., ч.	q1,Вт/м.кв	q2,Вт/м.кв	q3,Вт/м.кв	q4,Вт/м.кв	t1,°C	t2,°C	t3,°C	t4,°C	t5,°C	t6,°C	qср
260	18/01/2019 11:54:48	24	27,2	32,5	37,7	44,2	-6	-8,5	22,8	22,6	23,5	27,3	35,4
261	18/01/2019 11:59:48	24	26,5	31,1	36,6	39,2	-5,9	-8,2	22,8	22,6	23,5	27,3	33,35
262	18/01/2019 12:04:48	24	27,6	32,7	38,2	40,6	-5,9	-8	22,8	22,6	23,4	27,3	34,775
263	18/01/2019 12:09:48	24	25,8	31,9	36,8	42,8	-5,8	-7,9	22,8	22,5	23,5	27,3	34,325
264	18/01/2019 12:14:48	24	26,3	31,6	35,8	43,1	-5,7	-7,6	22,8	22,6	23,5	27,3	34,2
265	18/01/2019 12:19:48	24	26,9	30,5	36,6	39,1	-5,6	-7,5	22,8	22,6	23,5	27,3	33,275
266	18/01/2019 12:24:48	24	27,4	31,6	37,1	40,5	-5,6	-7,4	22,8	22,6	23,5	27,3	34,15
267	18/01/2019 12:29:48	24	29,1	34	39,2	43,5	-5,5	-7,1	22,8	22,6	23,5	27,3	36,45
268	18/01/2019 12:34:48	24	30,2	35,6	37,9	43,3	-5,4	-7,1	22,9	22,6	23,5	27,3	36,75
269	18/01/2019 12:39:48	24	28	31,7	38,1	42	-5,4	-6,8	22,8	22,6	23,6	27,3	34,95
270	18/01/2019 12:44:48	24	26,7	32,5	38,9	43,9	-5,3	-6,8	22,8	22,6	23,5	27,3	35,5
271	18/01/2019 12:49:48	24	27,9	32	37,8	41,9	-5,3	-6,6	22,8	22,6	23,5	27,3	34,9
272	18/01/2019 12:54:48	24	32,9	37	40,8	43,7	-5,2	-6,7	22,9	22,6	23,5	27,3	38,6
273	18/01/2019 12:59:48	24	27,1	32,4	38,9	40,3	-5,1	-6,4	22,8	22,6	23,5	27,3	34,675
274	18/01/2019 13:04:48	24	27,1	31,5	35,7	40,1	-5,1	-6,3	22,8	22,6	23,5	27,4	33,6
275	18/01/2019 13:09:48	24	31,1	37,8	40	41,9	-5	-6,4	22,8	22,6	23,5	27,3	37,7
276	18/01/2019 13:14:48	24	26,9	32,4	35,9	37,2	-4,9	-6,4	22,8	22,6	23,5	27,4	33,1
277	18/01/2019 13:19:48	24	25	30,7	38,4	41,4	-4,9	-6,3	22,8	22,6	23,5	27,3	33,875
278	18/01/2019 13:24:48	24	27,9	34,2	36	41,7	-4,9	-6,7	22,8	22,6	23,5	27,3	34,95
279	18/01/2019 13:29:48	24	26,9	30,2	35	39,7	-4,9	-6,8	22,8	22,6	23,5	27,3	32,95
280	18/01/2019 13:34:48	24	31	32,1	37,1	42,7	-4,8	-6,6	22,8	22,6	23,5	27,3	35,725
281	18/01/2019 13:39:48	24	27,4	31,6	35,4	39	-4,7	-6,4	22,8	22,6	23,5	27,3	33,35
282	18/01/2019 13:44:48	24	25,9	31,7	34,9	44	-4,7	-6,4	22,8	22,6	23,5	27,3	34,125
283	18/01/2019 13:49:48	24	26,4	32,2	36,6	39,2	-4,6	-6,2	22,8	22,6	23,4	27,3	33,6
284	18/01/2019 13:54:48	24	27,8	30,6	38	42,4	-4,5	-6	22,8	22,6	23,4	27,3	34,7
285	18/01/2019 13:59:48	24	27,1	33,1	37,4	42	-4,4	-6,1	22,8	22,6	23,5	27,3	34,9
286	18/01/2019 14:04:48	24	31,1	35,9	39,3	43,8	-4,4	-5,9	22,8	22,6	23,5	27,4	37,525
287	18/01/2019 14:09:48	24	26,6	32,8	36,4	41,3	-4,3	-6	22,8	22,6	23,5	27,3	34,275
288	18/01/2019 14:14:48	24	27,8	31,7	35,3	40,9	-4,3	-6	22,8	22,5	23,4	27,3	33,925

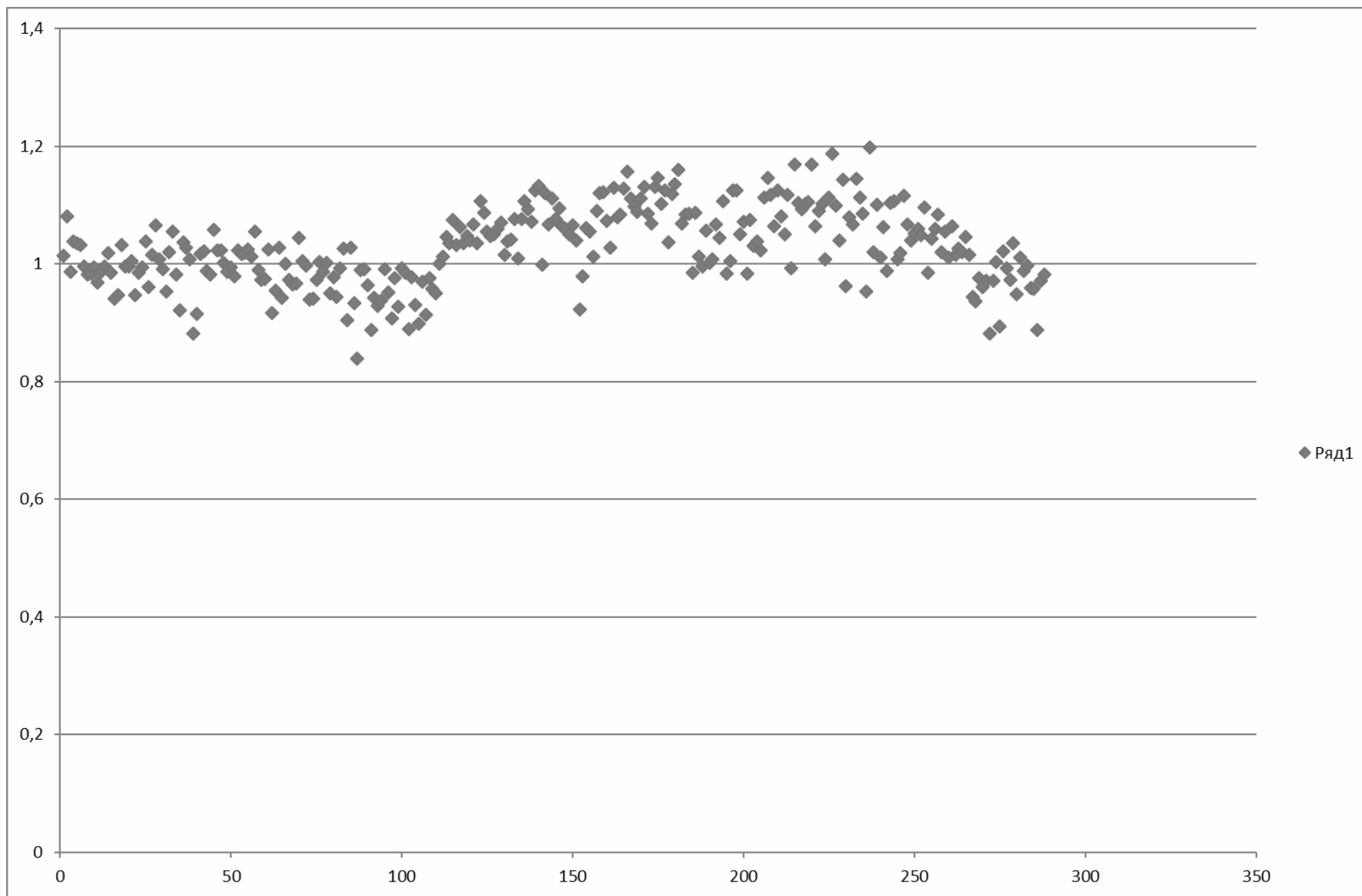


Рисунок Е.1 График измерений теплового потока стенового ограждения ЛК АСИ