

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
«Южно-Уральский государственный университет»  
(национальный исследовательский университет)  
Архитектурно-строительный институт  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

Выпускная квалификационная работа магистра на тему:  
Влияние дефектов устройства оконных конструкций на  
параметры энергосбережения зданий.

08.04.01 – «Строительство»

Заведующий кафедрой:

Г.А. Пикус  
✓ «22» 01 2018 г.

Нормоконтроль:

А.Х. Байбурин  
✓ «22» 01 2018 г.

Научный руководитель:

А.Х. Байбурин  
✓ «22» 01 2018 г.

Проверка по системе антиплагиат:

64%  
А.Х. Байбурин

✓ «22» 01 2018 г.

втор диссертации:

Ю.И. Балакин  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

г. Челябинск 2018

## АННОТАЦИЯ

Балакин Ю. И. Влияние дефектов устройства оконных конструкций на параметры энергосбережения зданий.

– Челябинск: ЮУрГУ, АСИ; 2018, 104с., 55ил., библиогр. список – 54наим.

В данной работе был произведен анализ влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности гражданских зданий, а также определены взаимные влияния этих факторов при помощи метода математического моделирования, итогами проведенного лабораторного эксперимента подтверждена достоверность моделирования, помимо этого произведен анализ результатов и получены соответствующие выводы.

					<i>АСИ-392.ВКР</i>			
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>	Влияние дефектов устройства оконных конструкций на параметры энергосбережения зданий.	<i>Лит.</i>	<i>Лист</i>	<i>Листов</i>
<i>Зав. каф.</i>	<i>Пикус</i>							
<i>Руководит.</i>	<i>Байбурин</i>						4	
<i>Н. контр.</i>	<i>Байбурин</i>					ЮУрГУ		
<i>Разработал</i>	<i>Балакин</i>							

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. Литературный обзор	
1.1. Нормативно правовое обеспечение энергоэффективности.....	9
1.2. Контроль качества в области энергоэффективности.....	20
1.3. Анализ известных исследований в области теплотерь через оконные откосы.....	30
1.4. Выделенные факторы, влияющие на теплопередачу через узел оконного откоса. ....	45
2. Методика исследования, применяемое оборудование.....	46
3. Экспериментальные исследования влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности гражданских зданий.....	53
3.1. Результаты лабораторного эксперимента.....	53
3.2. Результаты моделирования в программе «ELCUT».....	67
3.3. Сравнение результатов исследований.....	80
3.4. Совместное влияние этих дефектов на тепловые потери.....	81
3.5. Исследования совместного влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности гражданских зданий.....	82
4. Экономический анализ и рекомендации по внедрению.....	88
5. Выводы по результатам исследования.....	92
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	97
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	98

## ВВЕДЕНИЕ

### Актуальность работы.

Светопрозрачные конструкции – неотъемлемая часть любого здания. Они занимают до 70% внешней оболочки здания.

Согласно СНиП 23-02-2003 «Тепловая защита зданий» коэффициент остекленности фасада должен быть не более 18% для жилых зданий и 25% - для общественных. С появлением новых норм СП 50.13330.2012 [48] этот показатель был убран в связи с развитием теплых ограждающих конструкций в зоне оконного откоса с использованием стеклопакетов.

Однако их появление не решило проблему теплозащиты полностью. Светопрозрачные конструкции по прежнему уступают в теплозащитных свойствах каменным стенам, а, так как их использование теперь менее ограничено нормативными документами, это может приводить к уменьшению приведенного сопротивления теплопередаче здания и снижению показателей энергоэффективности.

Многие факторы устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса не учитываются при выполнении теплотехнического расчета. Особенно, это касается пограничных зон, таких как примыкание различного рода конструкций друг к другу, изменение их геометрии. Они значительно повлияют на величину приведенного сопротивления теплопередаче, как в худшую, так и в лучшую сторону. Многие из этих факторов, такие как, положение оконной коробки в проеме, ширина оконной коробки, были рассмотрены ранее в исследованиях, но никогда не проводилось изучение совместной работы всех этих факторов.

Это также относится и к таким дефектам, которые возникают при нарушении технологии, ошибках при монтаже и человеческом факторе. Такие дефекты, хотя и являются недопустимыми, все же имеют место быть, в том числе и из-за сложного контроля выполнения работ. Они также могут

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		6

оказывать довольно большое влияние на приведенное сопротивление теплопередаче, и должны быть учтены.

Краевые зоны ограждающих конструкций в зоне оконного откоса гражданских зданий являются важным фактором, влияющим на уменьшение приведенного сопротивления теплопередаче внешнего контура здания. В настоящее время при устройстве ограждающих конструкций в зоне оконного откоса имеют место отклонения от требуемых параметров, технологических допусков в процесс производства работ и использования материалов низкого качества, что приводит к увеличению потерь теплоты через краевые зоны и уменьшению приведенного сопротивления теплопередаче.

Цель работы:

Изучение влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса гражданских зданий для обеспечения их большей энергетической эффективности.

Задачи исследования:

1. Анализ существующего уровня развития технического регулирования в области энергосбережения в строительстве, включая и контроль параметров теплозащиты ограждающих конструкций в зоне оконного откоса, и анализ разработанности данной области исследования;

2. Определение степени влияния факторов и дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности зданий с определением взаимного влияния этих факторов при помощи математического моделирования, достоверность которого подтверждается результатами лабораторного эксперимента;

3. Определение экономического эффекта при устранении дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

Объект исследования – конструкция и технологические процессы устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса гражданских зданий;

Предмет исследования - параметры технологических процессов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса устройство ограждающих конструкция в зоне оконного откоса, влияющие на энергоэффективность гражданских зданий; оценка этих параметров устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса; закономерности влияния факторов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса зданий на качество строительной продукции.

Научная новизна исследования заключается в следующем:

1. Выявлены дефекты и факторы устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса, влияющие на параметры энергоэффективности гражданских зданий;
2. Получены новые экспериментальные данные по влиянию факторов и дефектов на тепловые потери через узел оконного откоса;
3. Выявлены зависимости влияния факторов и дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на уровень теплозащиты ограждающих конструкций;
4. Определены значимые факторы и дефекты, влияющие на тепловые потери через узел оконного откоса.

Практическая ценность работы заключается в:

5. В разработке предложений для технического регламента о контроле качества устройства светопрозрачных конструкций в зоне оконного откоса на теплозащиту узла оконного откоса;
6. Разработке рекомендаций для практического использования для всех заинтересованных сторон: проектировщик, строитель, заказчик, управляющая организация.

					<i>АСИ392</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		8

## 1. Литературный обзор

### 1.1. Нормативно правовое обеспечение энергоэффективности

Энергоэффективность — эффективное (рациональное) использование энергетических ресурсов. Использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий или технологических процессов на производстве. Достижение экономически оправданной эффективности использования ТЭР при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды.

Энергетическая эффективность: характеристика, отражающая отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведенным в целях получения такого эффекта применительно к продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Проблема эффективности использования энергетических ресурсов в настоящее время имеет большое значение. Все чаще различными авторами отмечается важность процесса повышения эффективности использования ресурсов, как одного из важнейших факторов развития экономики страны.

Существует множество работ, которые посвящены разработке программ по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Терминологический аппарат, использующийся в этих работах, существенно различается. Главным образом это касается разделения понятий энергосбережения и энергетической эффективности и определения взаимосвязи между ними.

Таким образом, необходимо проанализировать понятия «энергоэффективность» и «энергосбережение», для создания единого блока понятий в данной области. А так же особое внимание необходимо уделить понятиям, указанным в законодательстве РФ, в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		9

При этом необходимо будет проанализировать не только действующее законодательство, но и применяемое ранее, чтобы рассмотреть эволюцию терминологии в области энергосбережения и повышения энергетической эффективности.

А также, для более детального изучения энергоэффективности необходимо изучать опыт других стран, достигших положительных результатов в данной области и для этого необходимо обратиться к истории.

Серьезно в мире энергосбережением занялись в начале 1970-х годов. Давайте рассмотрим основные этапы этого исторического процесса, сделав при этом акцент на развитии ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

#### *Первый этап (1973–1991 годы)*

Рассматривая историю, понимаем, что основные усилия, направленные на экономию энергии, развитые государства предпринимают во время резкого повышения цен на энергоресурсы. Из этого следует, что начало первого этапа энергосбережения связано с арабо-израильским конфликтом, который в свою очередь спровоцировал повышение цен нефти и газа.

Государства, ограниченные в природных ресурсах были вынуждены начать разработку специальных программ по экономии энергии. Для этого были затрачены огромные средства. Проведено огромное количество научно-исследовательских разработок по использованию нетрадиционных источников энергии, а также снижению уровня энергопотребления и разработке законодательных инициатив, направленных на понижение потребления энергетический.

Далеко не все работы, доказали свою эффективность. Многие из них имели длительную окупаемость, а цена на нефть окончательно убила финансирование таких программ по экономии энергии. Из-за снижения цены на нее прекратили многие перспективные проекты.

Итоги первой волны развития программ по энергоэффективности:

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		10



- Многочисленные изменения и улучшения энергетических законодательств, систем мотивации, субсидирования, льгот и штрафов;
- Создание комплексных систем по сбережению энергии, которые включают в себя комплекс мер по повышению энергоэффективности;
- Организация крупных научных центров в США и Западной Европе, а также активных команд специалистов. Так, например, в известной лаборатории LawrenceBerkeleyNational Laboratory<sup>2</sup> (LBNL) был создан отдел по повышению энергоэффективности в строительстве.

Именно эта лаборатория и некоторые европейские специалисты имеют отношение к, пожалуй, единственному прорывному достижению 1970–1980х годов в оконной отрасли – создание промышленного производства магнетронного нанесения теплоотражающих слоев на большеформатные стекла, которые впоследствии, станут в 1990е годы основным и необходимым элементом энергосберегающих ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

Стоит упомянуть способ снижения энергетических затрат, разработанный правительствами скандинавских стран, где за счет государства меняли в квартирах старые окна на новые – со стеклопакетами и отдельным стеклом.

Данный метод в дальнейшем будет применяться во многих странах.

### *Второй этап (1991–2003 годы)*

В 1991 год стал началом очередного кризиса в энергетике, и послужило отправной точкой для следующего этапа в развитии науки в области повышения энергоэффективности.

Этот этап знаменателен тем, что было разработано и внедрено огромное количество, революционных технологий по энергосбережению. Началось активное применение тепловых насосов, а также солнечных элементов, расположенных на крышах домов и ветрогенераторов. Стали строиться первые

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		11

энергоэффективные дома. Уже построенные здания стали модернизировать с целью их соответствия современным требованиям по энергосбережению.

#### Первый энергосберегающий закон

В 1992 году в США был принят первый в истории комплексный документ EnergyAct 1992, в котором были сформулированы основные проблемы в энергосбережении и направления их решения. Он стал определяющим для развития новых технологий в области энергосбережения и использования альтернативных и нетрадиционных источников энергии на более чем десятилетний период.

В 1995 году аналогичный документ был принят в Германии. Помимо задач, поставленных EnergyAct 1992, в немецком документе так же решалась проблема энергопотребления зданий, расположенных в восточной части страны и построенных по советским проектам («хрущевки»). Так, в соответствии с немецким федеральным законом по энергосбережению было установлено, что:

- данные здания в течение 7 лет должны иметь установленный уровень энергозатрат, в противном случае, если реконструкция невозможна, здания должны быть снесены;
- новые здания должны строиться с удельным расходом энергии на отопление до  $100 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$ , остальные затраты были ограничены уровнем в  $60 \text{ кВт}\cdot\text{ч}/\text{м}^2/\text{год}$ ;
- невыполнение этого закона наказывалось дополнительными расходами: это увеличение коммунальных платежей, огромные штрафы и т. п., другими словами, содержание такого здания становилось финансово обременительным.

В России в 1996 году был принят первый Федеральный закон «Об энергосбережении» (№ 28 ФЗ), который, к сожалению, так и не заработал.

Итоги второй волны развития программ по энергоэффективности.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		12

Начало строительства большинства проектов «пассивных» зданий и поселений. Появилось понимание о необходимости комплексной оценки зданий и эффективности энергосберегающих технологий.

По части оконной отрасли на этой волне развития были получены следующие результаты:

- современные светопрозрачные конструкции стали неотъемлемым атрибутом при возведении зданий и их реконструкции;
- практически во всех развитых странах окна из ПВХ-профиля со стеклопакетами стали преобладающей на рынке продукцией, особенно из ПВХ-профилей, в которых применяемые свинцовые добавки были заменены на более экологически безопасные;
- современные оконные технологии пришли и утвердились в России и Китае, а к 2003 году по объему производства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса Китай и Россия заняли первое и третье место в мире соответственно;
- многие страны пережили настоящий бум в строительстве высотных зданий, фасадные конструкции которых стали оборудовать (и это было экономически оправдано) светопрозрачными панелями с энергосберегающим остеклением;
- Начали активно развиваться проекты зданий с максимальным использованием солнечного света и активной солнцезащиты – это позволило снизить нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха;
- возобновились попытки совмещения фасадных конструкций зданий с солнечными элементами для выработки дополнительной энергии, используемой в дальнейшем для электроснабжения;
- в зданиях различного назначения при их оборудовании современными, как правило, герметичными окнами были практически решены проблемы вентиляции помещений.

### *Третий этап (2003–2007 годы)*

Старт этого этапа, можно ознаменовать с принятием человечества, такой масштабной проблемы как глобальное потепление. Ведь все изменения климата нашей планеты связаны непосредственно с деятельностью человека.

В этот период началось массовое производство новых материалов, позволяющих более эффективно использовать различные возобновляемые источники энергии. В частности, производство тонкопленочных солнечных элементов, КПД которых на порядок выше, чем у традиционных кремниевых, а стоимость существенно ниже, предопределило «взрывной» характер роста применения фотоэлектрических систем, в том числе и для оконной и фасадной индустрии.

#### **Законодательное стимулирование энергосбережения**

В апреле 2004 года с юридической стороны заработал подписанный ранее в декабре 1997 года Киотский протокол, сыгравший важнейшую роль в развитии энергосбережения в Европе.

Помимо этого был разработан документ, объединивший 27 стран Евросоюза, более известный под названием «Программа 20–20–20», который был принят европейским Парламентом 17 декабря 2008 года.

Выполнив в 2004 году основные положения EnergyAct 1992 Конгресс США, принял новый, еще более амбициозный документ – EnergyAct 2004, а также разработал «Дорожные карты» для разных отраслей промышленности: документы, определяющие краткосрочные и среднесрочные конкретные цели энергосбережения.

#### **Достижения**

В странах Е.С. и в США энергосбережение становится основой экономики и поддерживается большинством населения, даже несмотря на то, что некоторые новые технологии все еще дороже традиционных.

Компании по производству окон также не остались в стороне от мировых тенденций. Начиная с 2005 года, большинство ведущих фирм начинают все

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		14

чаще и чаще использовать энергосберегающие технологии при производстве своей продукции, например солнечные элементы в качестве жалюзи или межэтажных заполнений, и представляют осуществленные проекты новых зданий с минимальным или нулевым расходом энергии на их эксплуатацию.

Разработаны новые, более жесткие меры штрафы для тех, кто не поддерживает политику государств по переходу на более экологичные виды топлива и всемерную экономию энергии. Развиваются дополнительные программы субсидирования потребителей.

#### *Четвертый этап (2008 год – настоящее время)*

Начало этому периоду положил финансовый кризис, негативно сказавшийся на экономиках многих стран. Особенно сильно пострадала финансовая сфера и строительная отрасль.

Во время кризиса 1930х годов, выжили фирмы, которые вывели на рынок новинки, более дорогие, чем у конкурентов, но с лучшими потребительскими и эксплуатационными характеристиками. В нашей стране, на тот момент все затратные проекты по энергосбережению, были приостановлены, а производители перешли на выпуск более дешевой и менее качественной продукции. Это в полной мере коснулось российской отрасли по производству окон.

#### *Энергосберегающие программы*

В Европе активно начала работать «Программа 20–20–20», основные цели которой – это снижение энергопотребления на более чем 20 % по сравнению с 1990 годом, увеличение до 20 % доли использования возобновляемых источников энергии в общем энергетическом балансе и уменьшение на 20 % выбросов двуокиси углерода. «Программа 20–20–20» является началом воплощения в жизнь многих грандиозных проектов, провозглашенных странами Европейского Союза, целью которых является сокращение до 2050 года выбросов в атмосферу парниковых газов на 85–90 % по сравнению с 1990

годом при условии, что в решении этой проблемы принимают участие все индустриальные страны, развивающие промышленность.

Знаменательно, что Россия именно на этом этапе вступила в борьбу за повышение энергетической эффективности. Вот некоторые из федеральных документов, которые должны будут обеспечить снижение энергозатрат на 40 % к 2020 году:

- Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123 «Технический Регламент “О требованиях пожарной безопасности”»;
- Федеральный закон от 23 ноября 2009 года № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности»;
- Федеральный закон от 30 декабря 2009 года № 384 «Технический Регламент "О безопасности зданий и сооружений"»;
- Приказ Минрегиона РФ № 262 от 28 мая 2010 года «О требованиях энергоэффективности зданий, строений и сооружений»;
- Федеральный закон от 28 сентября 2010 года № 184 «О техническом регулировании».

Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 года № 18 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения классов энергетической эффективности многоквартирных домов»[51].

#### Особенности этапа

К мировому сообществу в борьбе за энергосбережение и повышение энергетической эффективности своих экономик включились такие мощные индустриальные страны, как Китай и Россия. Именно в Китае в последние годы большая часть зданий проектируется и строится с использованием новейших достижений в области энергосбережения, а так же производится больше всего солнечных элементов последнего поколения.

Стали также рассматриваться и законодательные ограничения на применение в тех или иных отраслях промышленности традиционных источников энергии.

В оконной отрасли стали поднимать требования к светопрозрачным конструкциям.

В соответствии с введенными в действие с октября 2009 года немецкими нормами EnEV 2009 коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций в зоне оконного откоса должен быть не более 1,3 Вт/м<sup>2</sup>·°С (сопротивление теплопередаче – не менее 0,769 м<sup>2</sup>·°С/Вт). Был разработан и проект следующей редакции этих норм EnEV 2012, в соответствии с которыми коэффициент теплопередачи ограждающих конструкций в зоне оконного откоса с 1 января 2012 года должен быть не более 0,8–0,9 Вт/м<sup>2</sup>·°С (сопротивление теплопередаче не менее 1,11–1,25 м<sup>2</sup>·°С/Вт). В большинстве других стран Е.С. также принимаются нормативные требования, направленные на повышение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

Ведущие производители профиля такие как: VEKA, Rehau, Profine и др. уже разработали эффективные оконные системы, позволяющие обеспечивать выполнение этих новых требований к энергосбережению. Эти профили уже появились в России.

А так же, в ряде европейских стран разработаны и вступили в реализацию планы по замене старых оконных конструкций, на более эффективные. Данное решение позволит обеспечить производителей окон на ближайшие годы огромным количеством контрактов.

Похожие программы существуют и в других странах и, как правило, поддерживаются государством. Так, например, в Соединенных Штатах Америки владельцам частных домов правительство предоставляет налоговые льготы до 1,5т.долл., если они меняют старые окна на новые, превышающие теплотехнические требования установленные для данного региона.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		17

В России же в 2010 году было сформировано Федеральное агентство по энергосбережению, находящееся в составе Министерства энергетики РФ, которое координирует все работы, связанные с экономией энергии в стране.

В приказном порядке были созданы региональные программы по энергосбережению. Однако они все же уступают уровню энергосберегающих документов, разработанных в странах Европейского Союза и США. На российском сегменте можно выделить более тщательно проработанные московские энергосберегающие программы. Например, для Москвы законодательно были установлены уже достаточно высокие значения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций в зоне оконного откоса:

- с 1 октября 2010 года не менее  $0,8 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;
- с 1 января 2015 года не менее  $1,0 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ ;
- с 1 января 2020 года не менее  $1,1 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ .

На сегодняшний день, к сожалению, пока, эти требования не выполняются, хотя большинство крупных производителей окон способны производить продукцию с такими энергетическими показателями.

Сформирован огромный мировой опыт, как в области создания, так и внедрения энергосберегающих требований. Россия, несмотря на существенное отставание в этих вопросах, еще может занять лидирующие позиции. Но для этого необходимо внимательно изучать достижения и методы других стран, способствующие повышению энергоэффективности. Большую роль в этом процессе могут сыграть профессиональные объединения при поддержке государства.

Мировым лидером, по энергоэффективности зданий на сегодняшний день, принято считать Северную Европу. Нашей же стране, чтобы улучшить свою позицию, необходимо задуматься об изменении СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий»[48].



Стоит предусмотреть не только повышение энергоэффективности зданий, но и занормировать увеличение сопротивления теплопередаче наружных ограждений, которые не пересматривались с 2000 года. Все эти нормативы, соответственно, просто необходимо приблизить к уровню мировых лидеров в этой области.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		19

## 1.2. Контроль качества в области энергоэффективности

Конечно, проблема энергоэффективности в нашей стране не будет решена одним лишь изменением в нормативной документации. Так же не сильно изменят ситуацию и применение современных материалов. Для решения образовавшейся проблемы необходимо в совокупности применить комплекс мер направленных на ее устранение.

До сих пор в России, даже на крупных строительных объектах, люди производящие монтаж, не достаточно профессиональны или вовсе не имеют специальных навыков. Такие рабочие, в основном, приезжают к нам со стран ближнего зарубежья и пользуются спросом из-за того, что находятся в низком ценовом сегменте. Как следствие, из-за отсутствия у них профессиональных знаний и навыков, качество их работ оставляет желать лучшего. Поэтому, очень важно организовать высокий контроль качества.

Для более подробного обозрения данной темы, необходимо рассмотреть основные определения из этой области.

Качество — совокупность характеристик объекта, относящихся к его способности удовлетворить установленные и предполагаемые потребности.

Контроль качества — проверка соответствия количественных и качественных характеристик или свойств продукции, установленным требованиям.

Оценка качества — процедуры выбора номенклатуры показателей качества, определения значений показателей и сопоставления их с требуемыми значениями при указании точности и (или) достоверности оценки.

Показатель качества — количественная характеристика свойств продукции, составляющих ее качество.

Система качества — совокупность организационной структуры, методик, процессов и ресурсов, необходимых для общего руководства качеством. Реализуется политика в области качества, путем создания руководством организации системы качества.

Дефект — каждое отдельное несоответствие продукции установленным требованиям (ГОСТ 15467).

Критический дефект — дефект, при наличии которого использование продукции по назначению практически невозможно или не допустимо (ГОСТ 15467).

В строительстве работает многоступенчатый контроль качества строительно-монтажных работ. Ему подвергаются как непосредственно исполнители работ, так и ведомственные и государственные службы.

Координирует работу по обеспечению качества в строительной организации специально созданная служба (отдел) качества. Данная служба выполняет следующие функции по контролю качества строительных работ:

- осуществляет организацию и проведение всех видов производственного контроля качества работ (наличие рабочей документации, карт контроля качества, проекта производства работ, необходимого оборудования, инспекционные посещения объектов с установленной периодичностью);
- контролирует соблюдение технологических процессов, наличие проведенных в установленном объеме лабораторных испытаний, правильность ведения всех видов документации (производственной и исполнительной), а также следит за метрологическим и геодезическим обеспечением производства работ;
- производит приемку подготовленных к освидетельствованию скрытых работ и конструктивных элементов, передаваемых для продолжения работ другому исполнителю;
- контролирует исполнение указаний по качеству СМР технического надзора заказчика, авторского надзора проектных организаций и Государственного архитектурно-строительного надзора;

- анализирует причины низкого качества строительно-монтажных работ на законченных объектах и вносят предложения по их устранению;
- координирует работы по внедрению, функционированию и совершенствованию системы качества строительной организации.

В приемке скрытых работ и законченных конструктивных частей объекта участвуют несколько организаций, это и служба качества и технический надзор заказчика, и авторский надзор проектной организации. Инспекционный и приемочный контроль также проводит инспекция Государственного архитектурно-строительного надзора. Так же при приемке готового объекта привлекаются и другие государственные службы, такие как пожарный надзор, санитарный надзор и другие.

Установлена процедура проведения проверки выполнения работ при строительстве на соответствие установленным требованиям в целях обеспечения безопасности зданий и сооружений. Постановление Правительства РФ от 21.06.2010 № 468 "О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства" [52].

Утвержденное Положение определяет порядок проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства независимо от источников их финансирования, а также порядок определения размера затрат на проведение строительного контроля и численности работников, осуществляющих контроль, по объектам, финансируемым полностью или частично с привлечением средств федерального бюджета. Строительный контроль проводится: лицом, осуществляющим строительство; застройщиком, заказчиком либо организацией, осуществляющей подготовку проектной документации и привлеченной по договору для осуществления контроля (в части проверки соответствия выполняемых работ проектной документации). Определены

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		22

мероприятия, осуществляемые подрядчиком и заказчиком при проведении строительного контроля. Проведение контрольного мероприятия и его результаты фиксируются путем составления акта. Сведения о проведенных контрольных мероприятиях и их результатах отражаются в общем журнале работ с приложением к нему соответствующих актов.

Установлено, что если подготовка проектной документации завершена и принята заказчиком по акту приемки до вступления в силу данного Положения, заказчик проектной документации вправе направить ее на государственную экспертизу без расчета размера затрат на проведение строительного контроля. В этом случае отсутствие расчета размера затрат не будет являться основанием для подготовки отрицательного заключения государственной экспертизы проектной документации.

Служба (отдел) качества строительной организации периодически осуществляет инспекционный контроль качества на строящихся объектах. В состав инспекции входят: работники службы качества, главный инженер, начальник ПТО, представители строительной лаборатории и геодезической службы.

Производственный контроль качества строительно-монтажных работ включает в себя:

- 1) входной контроль рабочей документации с обоснованием эффективности материалов, конструкций и методов производства СМР;
- 2) входной контроль материалов, конструкций и оборудования в соответствии с требованиями действующих ГОСТ, СП и ТУ, с проверкой наличия сертификатов и паспортов;
- 3) операционный контроль отдельных строительных процессов;
- 4) ведение журналов производства СМР;
- 5) освидетельствование скрытых работ и составление актов на предшествующие скрытые работы;
- 6) приемочный контроль СМР.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		23

Все чаще многие авторы указывают одним из основных направлений - это повышение энергоэффективности здания. При проведении строительного контроля стоит обратить внимание на краевые зоны здания.

Это сложные конструкции и через них здание теряет огромное количество тепла, поэтому необходим особый контроль. Что касается оконных проемов, то на данный момент активно развивается следующая тенденция.

Тенденция погони за солнечным светом. Стремление максимально увеличить светопропускание, что логично и понятно, солнечный свет – залог отличного настроения и здоровья. Мало кто любит сидеть в четырёх стенах без окон.

Однако, стоит понимать что при увеличении светопроёма достаточно серьёзно увеличиваются и потери тепла и другими словами, если допустить небрежность в расчетах, то это приведет к дополнительным расходам на отоплении.

Все мы знаем, как зимой замерзают окна – сначала рисунок появляется по краям окна, потом затягивается к центру. Распределение температуры устроено так, что по периметру стекло «остывает» сильнее, чем в центре. Такая проблема естественно существует и в окнах. Это существенно увеличивает потери тепла. Ширина «краевой зоны» находится в пределах от 60 до 100 мм. По различным испытаниям было выявлено, что падение температуры в зоне сопряжения стеклопакета с переплётами по сравнению с центральной зоной окна может быть от 6 до 12 градусов. При использовании однокамерного стеклопакета с невысокой посадкой в профиль температура внутренней поверхности остекления может опускаться ниже 0 градусов.

Под краевыми зонами мы понимаем локально неоднородные по геометрическим или теплофизическим параметрам участки ограждения. Локализация влаги на этих участках выше допустимых значений приводит к ухудшению влажностного режима, снижая теплозащиту и срок эксплуатации всего здания. Однако сложность расчета и прогнозирования нестационарного

тепломассобмена в двух- и трехмерных областях ограждения и отсутствия методов оценки влияния температурно-влажностного режима в краевых зонах на теплозащитные свойства ограждающих конструкций и оболочки здания затрудняет решение этой проблемы.

В настоящий момент, существует множество частных фирм, которые могут контролировать качество установки ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

Такие компании проводят экспертизу качества утепления краевых зон.

Проводить тепловизионное обследование и экспертизу качества установки или ремонта окон необходимо при включенном отоплении потому, что большой контраст температур позволит определить даже мельчайшие недочеты в качестве изготовления, монтажа или ремонта оконных конструкций.

При проведении экспертизы качества окон такие компании проверяют целый ряд параметров для того, чтобы ответить на два вопроса:

- соответствие качества изготовления и монтажа окон действующим ГОСТам и СПам;
- определение «критических» параметров эксплуатации: конденсации (или «запотевания»), промерзания, продувания окон. По результатам готовится заключение - отчет о тепловизионном обследовании - о наличии или отсутствии дефектов, как показано на рис.1.1.1. и рис.1.1.2.

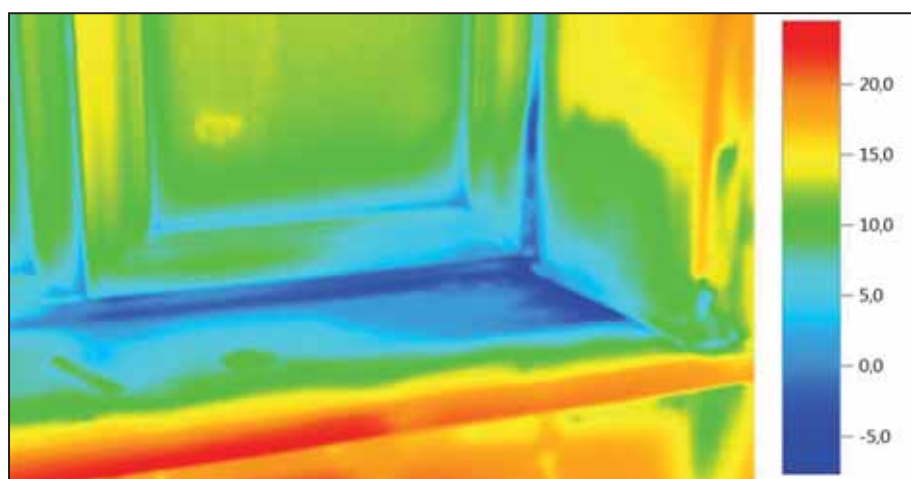


Рис.1.1.1. Тепловизионное оконного откоса.

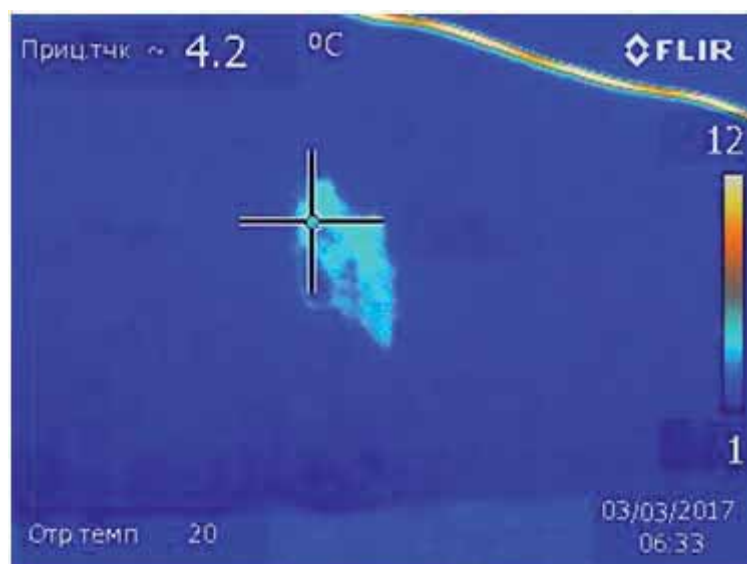


Рис.1.1.2. Механическое повреждение фасада.

Например, случаются следующие ситуации:

При проведении обследования установлено, что конденсация воды на откосах окон (отслоилась краска и появилась плесень) - это последствия нарушения правил и технологии монтажа окон. Требуемый уровень теплозащиты не был обеспечен, при проведении монтажных работ, что привело к промерзанию откосов, на них начала конденсироваться влага. В проведенных при подготовке отчета о тепловизионном обследовании расчетах было установлено, что при понижении температур на улице до  $-24\text{ }^{\circ}\text{C}$  и ниже, откосы промерзнут полностью, на них появится лед. Дополнительно было выявлено неплотное примыкание створок окон из-за неправильной регулировки фурнитуры, деформации створки, что приводило к продуванию окон и сквозняку на кухне.

Необходимо отметить, что в данном случае влажность в помещении тоже превышала параметры рекомендуемые СП 50.13330.2012 [48]. Что в свою очередь имело причиной неправильную балансировку вентиляции. Все сопутствующие проблемы были рассмотрены в отчете. Заказчикам рекомендованы методы устранения.

					<i>АСИ392</i>	Лист
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		26



Вот краткий перечень проблем, которые выявляются в процессе тепловизионного обследования и экспертизы окон:

- неправильная регулировка оконной фурнитуры. Тут играет роль все, и даже вид, тип и длина метизов;
- неправильная геометрия рам и створок окон. Возникает в результате неправильного монтажа, производства, нерасчетных нагрузок. Рамы окна деформируются, "провисают" или "выгибаются дугой";
- неправильная установка или обслуживание уплотнителей оконных створок. Резина со временем теряет свои свойства, растрескивается и изнашивается, возможно необходима ее замена. К примеру, на уплотнитель из ППУ типа "Shlegel";
- неправильная установка окна - несоблюдение так называемого правила "правила четверти", не герметизация швов и стыков, все это приводит к продуваниям и промерзаниям окон;
- неправильные расчеты типа, толщины утепления откосов окон. В этом вопросе всегда много нюансов, зачастую это человеческий фактор;
- неправильный баланс вентиляции, "падение" тяги, обратный ток воздуха и прочие проблемы связанные с недостатками вентиляции помещений. В процессе обследования обязательно необходимо контролировать состояние вентиляции в квартире и уровень влажности. Так как это всегда взаимосвязано.

Все эти проблемы диагностируются и выявляются при тепловизионном обследовании. Когда точно ясна причина проблемы – становится понятно, что и как надо ремонтировать.

После диагностики компании дают исчерпывающие рекомендации по видам работ и материалов, установке необходимого оборудования (порой необходима наладка вентиляции или установка приточной комнатной вентиляции – «бризеров»). Предоставляют расшифрованные термограммы дефектов, что позволяет не платить лишние деньги за ненужную работу и

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		27

результат ремонта окон будет гарантирован. Тем более, что результат работы и качество ремонта можно проверить. Так же теплопотери зависят от конфигурации окон. Данные представлены в таблице 1.

Таблица 1. Примерные теплопотери через окна разной конструкции

Тип окна	$R_T$	$q$ , Вт/м <sup>2</sup>	$Q$ , Вт
Обычное окно с двойными рамами	0,37	135	216
Стеклопакет (толщина стекла 4 мм)			
4-16-4	0,32	156	250
4-Ar16-4	0,34	147	235
4-16-4К	0,53	94	151
4-Ar16-4К	0,59	85	136
Двухкамерный стеклопакет			
4-6-4-6-4	0,42	119	190
4-Ar6-4-Ar6-4	0,44	114	182
4-6-4-6-4К	0,53	94	151
4-Ar6-4-Ar6-4К	0,60	83	133
4-8-4-8-4	0,45	111	178
4-Ar8-4-Ar8-4	0,47	106	170
4-8-4-8-4К	0,55	91	146
4-Ar8-4-Ar8-4К	0,67	81	131
4-10-4-10-4	0,47	106	170
4-Ar10-4-Ar10-4	0,49	102	163
4-10-4-10-4 К	0,58	86	138
4-Ar10-4-Ar10-4К	0,65	77	123
4-12-4-12-4	0,49	102	163
4-Ar12-4-Ar12-4	0,52	96	154
4-12-4-12-4К	0,61	82	131
4-Ar12-4-Ar12-4К	0,68	73	117
4-16-4-16-4	0,52	96	154
4-Ar16-4-Ar16-4	0,55	91	146
4-16-4-16-4 К	0,65	77	123
4-Ar16-4-Ar16-4К	0,72	69	111

В итоге, после использования тепловизора, выдается отчет. На основании, которого можно сделать вывод о качестве произведенных монтажных работ. Отчет может являться обоснованием для предъявления претензий в судебном или досудебном виде. В любом случае использование тепловизионного оборудования, может являться отличным этапом проверки монтажных работ. Такой этап проверки, целесообразно добавить, как

обязательный в нормативную документацию. Результаты таких исследований представлены на Рис.1.2.1. Ведь затраты на его проведение ничтожно малы с получаемой выгодой на фоне огромных теплопотерь в течение всего срока эксплуатации здания.

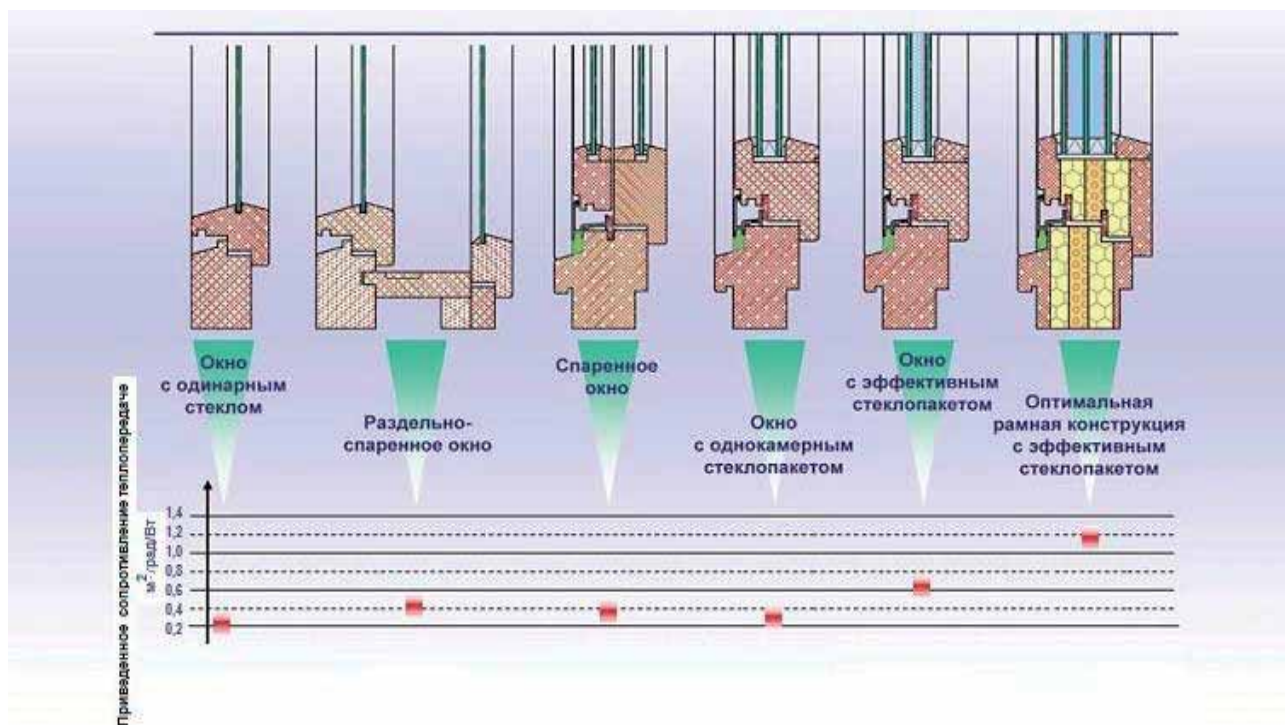


Рис.1.2.1. Приведенное сопротивление теплопередаче окон, в зависимости от типа оконной конструкции.

### 1.3. Анализ известных исследований в области теплопотерь через оконные откосы

В программе энергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий светопрозрачным ограждениям отводится важная роль, поскольку современный уровень их теплозащиты не уступает теплозащите ограждающих (стеновых) конструкций зданий (до 40 % всех потерь здания).

Поэтому исследования теплопотерь через оконные откосы в области энергосбережения на данный момент считается наиболее важными и актуальными.

Теплопотери через окно происходят по нескольким каналам: потери через оконный блок и переплеты (мостики холода, неплотности), потери за счет теплопроводности воздуха и конвективных потоков между стеклами, а также теплопотери посредством теплового излучения.

В настоящее время в России применяются следующие основные способы повышения энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса:

- переход от одно- и двухкамерных стеклопакетов к трех- и более камерным;
- применение термопленки (теплопоглощающее остекление);
- наполнения стеклопакетов инертными газами.

В современных светопрозрачных конструкциях теплозащитных окон используются одно- или двухкамерные стеклопакеты, а для выполнения оконных створок и коробок - деревянные, алюминиевые, стеклопластиковые, пластмассовые (ПВХ) профили или их комбинации. При изготовлении стеклопакетов с применением флоат-стекла окна обеспечивают расчетное приведенное сопротивление теплопередаче не более  $0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  и более.

Другим способом повышения энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса является теплопоглощающее остекление. Теплопропускная способность остекления зависит от угла падения солнечных

лучей и толщины стекла. Теплоотражающие стекла покрывают металлическими или полимерными пленками. Коэффициент теплопропускания таких стекол составляет  $0,2 \div 0,6$ .

Еще одним энергоэффективным способом является способ с наполнением стеклопакетов инертными газами. При этом уменьшаются конвекционные токи внутри стеклопакета, что приводит к снижению потерь тепла.

За полувековой период в массовом строительстве жилых и общественных зданий, в России применялись окна и остекленные наружные двери с деревянными переплетами и двойным остеклением, которое в настоящее время не соответствует теплотехническим требованиям. Тотальная стандартизация миллионов окон существующей застройки также свидетельствует о безликости и однообразии архитектуры зданий.

Цель современного подхода к развитию светопрозрачных ограждений заключается в укреплении нормативной базы проектирования и сертификации, совершенствовании конструкций и технологий, развитии предприятий, обеспечивающих широкое применение окон, имеющих нормативный уровень теплозащиты, высокое качество для архитектурной выразительности зданий, как в новом строительстве, так и при проведении реконструкции.

В программе энергосбережения при строительстве и эксплуатации зданий светопрозрачным ограждениям отводится важная роль, поскольку современный уровень их теплозащиты не уступает теплозащите ограждающих (стеновых) конструкций зданий (до 40 % всех потерь здания).

Теплопотери через окно происходят по нескольким каналам: потери через оконный блок и переплеты (мостики холода, неплотности), потери за счет теплопроводности воздуха и конвективных потоков между стеклами, а также теплопотери посредством теплового излучения. Очевидно что, величина теплопотерь через оконный блок напрямую зависит от материалов из которых изготовлен оконный блок, от конструкции окна, качества сборки. В реальности

она примерно равна 10 % от общих теплопотерь из помещения. Остальные два канала теплопотерь - это потери непосредственно через остекление.

Решение проблемы энергосбережения возможно только с помощью применения системных, комплексных мер. Важную роль в энергобалансе здания играют светопрозрачные конструкции. Уровень их теплозащиты гораздо уступает теплозащите стеновых конструкций зданий.

В настоящее время в России применяются следующие основные способы повышения энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса:

- переход от одно- и двухкамерных стеклопакетов к трех- и более камерным;
- применение термопленки (телопоглащающее остекление);
- наполнения стеклопакетов инертными газами.

В современных светопрозрачных конструкциях теплозащитных окон используются одно- или двухкамерные стеклопакеты, а для выполнения оконных створок и коробок - деревянные, алюминиевые, стеклопластиковые, пластмассовые (ПВХ) профили или их комбинации. При изготовлении стеклопакетов с применением флоат-стекла окна обеспечивают расчетное приведенное сопротивление теплопередаче не более  $0,56 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$  и более, что соответствует существующим требованиям московских строительных норм МГСН 2.01-99 «Энергосбережение в зданиях».

Для реализации мер по повышению энергосбережения, в настоящее время строительный комплекс полностью перешел в массовом строительстве на применение трехслойных панелей наружных стен с эффективным утеплителем, что подняло термическое сопротивление стены до уровня  $3,2-3,25 \text{ м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$ . Теплотехнические характеристики наружных стен выросли более чем в три раза, а теплозащита окон более чем в 1,5 раза.

Другим способом повышения энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса является теплопоглощающее остекление,

которое содержит определенный процент металла с поглощением лучей с длиной волны более 0,7 нм. Теплопропускная способность остекления зависит от угла падения солнечных лучей и толщины стекла. Теплопоглощающее стекло всегда наружное.

Теплоотражающие стекла покрывают металлическими или полимерными пленками. Коэффициент теплопропускания таких стекол составляет  $0,2 \div 0,6$ . В некоторых странах даже применяют трехслойные теплоотражающие пленки, приклеиваемые к стеклам после окончания работ по остеклению. В этом случае удается снизить теплопропускание до 0,13.

Среди технологий теплопоглощающего остекления выделяется технология стеклопакетов типа «Тепловое Зеркало». Принцип действия «Теплового Зеркала» - отражение тепла в сторону его источника, предотвращая проникновение тепла в помещение: в летнее время - наружу, а зимой - внутрь помещения. Уникальная конструкция «Теплового Зеркала» объединяет положительные характеристики двухкамерного остекления и низкоэмиссионного покрытия стекла, позволяя достичь наиболее высоких показателей термического сопротивления окон, близкие по значениям к термическому сопротивлению стен. В основе предложенного решения лежит учет всех особенностей передачи тепловой энергии через светопрозрачные ограждающие конструкции, которая осуществляется тремя основными способами: теплопроводностью, конвекцией и тепловым излучением.

Это композитный материал, представляющий многослойную конструкцию, полученную путем использования современных нанотехнологий. Каждый слой этой пленки, который имеет толщину в несколько микрон, содержит в себе редкоземельные и благородные металлы, такие как золото, платина либо серебро. В иных марках может содержаться керамика. Наносимые путем плазменных разрядов в аргоновой среде, эти металлы не влияют на ее прозрачность, но в то же время придают ей высокие свойства энергосбережения. Процесс соединения отдельных слоев происходит под

определенным давлением и температуры. Энергосберегающие качества пленки приобретаются путем специального расположения металлизированных слоев. Таким способом достигается снижение степени многократного светоотражения внутри самой конструкции пленки.

Светопропускная способность материала получается около 70%, и в то же время она может пропускать достаточную долю ультрафиолета и задерживать инфракрасное излучение. Если зимой она не дает теплу выходить из помещения, то летом она не впускает это тепло внутрь.

Еще одним энергоэффективным способом является такой, при котором, не меняя конструкции стеклопакета, можно улучшить его теплоизоляционные свойства. Для наполнения стеклопакетов предложили использовать инертные газы, обладающие большими вязкостью, плотностью и меньшей теплопроводностью в сравнении с обычным воздухом. При этом уменьшаются конвекционные токи внутри стеклопакета, что приводит к снижению потерь тепла. Для заполнения стеклопакетов были предложены аргон и криптон, а также их смеси.

В настоящее время отечественными производителями организован выпуск современных переплетов из ПВХ-профилей, дерева, алюминия, дерево-алюминия для энергоэффективных окон, его объем по разным оценкам составляет от 2 до 3 млн. м<sup>2</sup>.

В России уже существует достаточное количество современных производств. Действуют Борский завод, крупные заводы по производству теплоотражающего стекла: "Прогресс" в Саратове и "Завод архитектурного стекла" в Санкт-Петербурге, ряд небольших производителей теплоотражающего стекла. В Москве выпускается фирмой "Квадропарк" теплоотражающая полимерная пленка, которая может быть установлена в стеклопакеты в качестве теплового зеркала. Фирма "Метробор" в Санкт-Петербурге начала выпуск стеклопакетов с тепловым зеркалом по американской технологии. Саратовский "Карат" осуществляет выпуск



конечного продукта. Один из конверсионных институтов разработал и в настоящее время заканчивает отладку технологии для массового производства вакуумных стеклопакетов.

Учитывая, что ежегодно вводится в эксплуатацию порядка 35-40 млн. м<sup>2</sup> общей площади жилья, жилищный фонд страны составляет более 2,7 млрд. м<sup>2</sup> общей площади и на нужды жилищно-коммунального хозяйства расходуется почти 20 % от общего баланса энергоресурсов страны, а большая часть из которых идет на отопление, вопросы сокращения теплопотерь через светопрозрачные ограждения в строящихся и эксплуатируемых зданиях приобрели особо важное значение.

В настоящее время отечественными производителями организован выпуск современных переплетов из ПВХ-профилей, дерева, алюминия, дерево-алюминия для энергоэффективных окон, его объем по разным оценкам составляет от 2 до 3 млн. м<sup>2</sup> в год.

Однако, при условии ежегодной замены или модернизации остекления в существующих жилых зданиях в количестве 5 % в год и установке энергоэффективных окон в 50 % вновь строящихся жилых зданиях, потенциал рынка Российской Федерации по применению энергосберегающих светопрозрачных ограждений должен возрасти примерно в 7 раз. При этом потребность в топливе должна снизиться на 660 тысяч т.у.т. за один отопительный период.

Начиная с 1973 года, правительства многих стран приняли абсолютно беспрецедентные программы энергосбережения. В течение очень короткого времени, за 3÷4 года, были разработаны принципиально новые стекла с теплоотражающими покрытиями. Это позволило в 1980-х годах начать промышленное производство стекол, стоимость которых первоначально составляла около 80 долларов США за 1 м<sup>2</sup>. Сегодня, когда такие стекла устанавливаются более, чем в 80 % всех окон за рубежом, их стоимость снизилась до 5-6 долларов.

Окна с «Тепловыми Зеркалами» называют «самоокупаемыми». Подсчитано, что в среднем 1 м<sup>2</sup> «Теплового Зеркала» экономит 340 кВт·ч в год. Повышенные затраты на установку «Тепловых Зеркал» быстро окупаются за счет экономии на системах отопления и кондиционирования. Установка «Тепловых Зеркал» при реставрации старых зданий окупается в течение 3-5 лет, в то время как замена старых окон на окна с обычными однокамерными стеклопакетами - только в течение 15-20 лет.

Основные достоинства стеклопакетов типа «Тепловое Зеркало»:

- обеспечивают отсутствие потоков холодного воздуха и ощущения холода вблизи окон в зимнее время;
- позволяют сократить тепловые потери зимой на 60%;
- исключают солнечный перегрев летом без использования штор или затемненных стекол;
- позволяют снизить затраты на кондиционирование летом на 30%;
- поддерживают равномерную температуру в помещении в течении всего года;
- на 18% эффективнее противодействие внутреннему запотеванию;
- обладают улучшенными показателями звукоизоляции;
- предотвращают выцветание обоев, картин, обивки мебели и ковров.

Сочетание заполнения межстекольного пространства криптоном с применением низкоэмиссионных стекол позволяет:

- отказаться от применения двухкамерных стеклопакетов или существенно улучшить их характеристики;
- уменьшить на 25% толщину стеклопакета;
- снизить на 30% вес стеклопакета;
- получить стеклопакеты с коэффициентом сопротивления теплопередачи 1 м<sup>2</sup>·К/Вт и выше.

Особенно вышесказанное актуально для строительства высотных зданий с применением увеличенных толщин стекол с размерами 8 и 10 мм.

					<i>АСИ392</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		36

Область применения мероприятий по повышению энергоэффективности светопрозрачных ограждений достаточно обширна: жилые и частные дома, производственные и административные здания, муниципальные учреждения (больницы, школы и дошкольные учреждения и т.д.).

В России, несмотря на то, что в соответствии с действующими нормативными документами теплотехнические требования к окнам достаточно высоки, однако стекла с теплоотражающими покрытиями применяются не так широко (около 5-7%).

По вопросу широкого применения энергоэффективных окон в строительстве приходится констатировать, что основной упор делается на установление более жестких норм по энергосбережению, в то время как требуется разработка и реализация комплекса мер по регулированию рыночных отношений и стимулированию участников рынка за внедрение мероприятий по энергосбережению.

Несмотря на имеющиеся производственные возможности, до настоящего времени энергоэффективные конструкции стеклопакетов остаются мало востребованными. К сожалению, большая часть заказчиков изначально нацелена на установку более дешевых оконных конструкций. За последние годы цены на жилье на рынке выросли в 2 раза, а цены на окна, наоборот, снизились в 2 раза. При постоянном увеличении стоимости 1 м<sup>2</sup> жилья доля стоимости СПК неуклонно снижается, это происходит, как правило, одновременно с потерей качества.

Основные факторы, сдерживающие, распространение криптозаполненных стеклопакетов в России:

- низкая информированность производителей и потребителей;
- отсутствие нормативных документов;
- дискредитация самого факта газонаполнения стеклопакетов производителями низкокачественной продукции (несоблюдение технологии, некачественные материалы, несертифицированный газ и т.д.);

- заниженные проектные сметы на оконные конструкции;
- низкая платежеспособность населения.

С целью обеспечения последовательного увеличения доли энергоэффективных окон, повышения эффективности работ по энергосбережению в новом строительстве, при реконструкции, ремонте и эксплуатации зданий и сооружений необходима разработка и реализация комплекса мер по стимулированию внедрения мероприятий по энергосбережению, учитывающих экономические интересы как строителей и инвесторов, так и эксплуатирующих организаций и арендаторов или владельцев недвижимости. Необходим комплексный подход и четкая программа действий для решения задач, связанных с реформой ЖКХ. При этом приоритет должен быть отдан обновленным конструкциям энергоэффективных окон, которые без утепления наружных стен должны позволить на 30% снизить энергопотребление при высокой рентабельности капиталовложений.

Технических ограничений применения мероприятий по повышению энергоэффективности светопрозрачных ограждений нет. Ровно также, как и необходимости проведения НИОКР и дополнительных испытаний.

В условиях постоянного повышения тарифов на электрическую и тепловую энергии, необходимости перехода до 2007 г. к полной оплате населением эксплуатационных затрат, улучшение теплотехнических характеристик окон является одним из наиболее эффективных способов решения подобных проблем.

Следует направлять инвестиции в совершенствование конструкций и на развитие производства окон, а не на покупку импортных теплоизоляционных материалов, рентабельность капиталовложений для которых составляет менее 4 %, т.е. экономически разорительна для государства.

Для определения влияния конструктивного решения стены, а именно способа ее утепления, на температуру откоса вблизи оконного блока и теплопотери, были проведены расчеты при одной и той же толщине оконной

коробки 120 мм и при одинаковом местоположении окна по толщине стены 250 мм от наружной грани. Были рассмотрены следующие варианты наружных стен (Рис.1.3.1.):

- обычная кирпичная стена толщиной 640 мм;
- кирпичная стена толщиной 640 мм с утеплением наружного откоса;
- кирпичная стена толщиной 640 мм с устройством термовкладыша в толще стены между стеной и оконной коробкой;
- кирпичная стена толщиной 640 мм с утеплением внутреннего откоса стены толщиной 80 мм;
- кирпичная стена толщиной 640 мм с наружным утеплением 80 мм;
- трехслойная кирпичная стена толщиной 640 мм с внутренним утеплителем толщиной 140 мм.

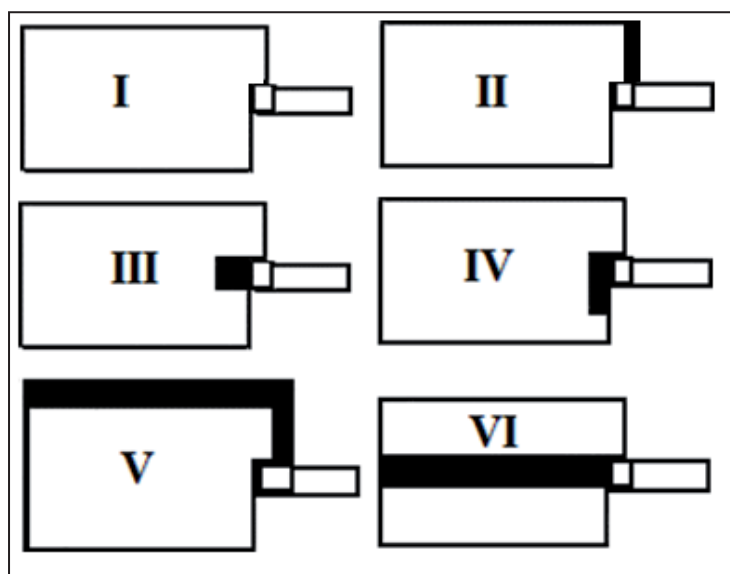


Рис.1.3.1. Варианты конструктивных решений наружных стен:

- 1 — обычная кирпичная стена толщиной 640 мм;
- 2 — кирпичная стена с утеплением наружного откоса;
- 3 — кирпичная стена с устройством термовкладыша;
- 4 — кирпичная стена 640 мм с утеплением внутренней части откоса 80 мм;
- 5 — кирпичная стена 640 мм с наружным утеплением 80 мм;
- 6 — трехслойная кирпичная стена толщиной 640 мм с утеплителем 140 мм.



стены. Применение термовкладыша или утепления внутреннего откоса незначительно влияет на температуру внутренней поверхности стены, но существенно повышает температуру внутреннего откоса.

На основе полученных экспериментальным путем данных, были определены тепловые потоки через поверхность стены и боковые оконные откосы. Значение теплопотерь через оконные откосы и гладь стены в зависимости от конструктивного решения стены. Наименьшие теплопотери через боковые оконные откосы имеют место в случае утепления оконного откоса с внутренней стороны.

Сравнение полученных в этих вариантах тепловых потерь через боковые откосы с тепловыми потерями через оконные откосы обычной не утепленной кирпичной стены дает следующие результаты: утепление оконного откоса с внутренней стороны приводит к снижению теплопотерь через боковые оконные откосы на 64%, а при утеплении наружного откоса — 8%.

В случае устройства утепляющего термовкладыша в толще стены, расположенного в плоскости оконного блока снижение теплопотерь составляет — 41%, при устройстве трехслойной кирпичной стены с внутренним утеплителем — 60% и для случая наружного утепления кирпичной стены снижение составляет 57%.

Как видно из представленных результатов расчетов наибольшее снижение теплопотерь через оконные откосы имеет место при утеплении самого откоса эффективным утеплителем.

Так как в представленных вариантах наружных стен есть два случая, таких как: утепление стены с наружной стороны и применение внутреннего утепления, ведущие к существенному увеличению термического сопротивления глади стены, то целесообразно провести сравнение теплопотерь конструкций откосов вариантов 1, 5 и 6 с тепловыми потерями этих же конструкций стен, но без оконного проема.

По результатам расчетов тепловой поток через обычную кирпичную стену без оконного проема составляет 63,3 Вт, с наружным утеплением стены 23,5 Вт и с внутренним утеплителем 16,9 Вт. Для этих же вариантов, но при устройстве оконного проема теплопотери увеличиваются за счет отхода тепла через боковые оконные откосы, и эти теплопотери составляют 8,8 Вт, 5,8 Вт и 6,1 Вт соответственно для 1, 5 и 6 вариантов конструктивных решений стен. Как видно, из представленных данных увеличение теплопотерь через боковые оконные откосы составляет для первого варианта 14%, для пятого варианта 25% и для шестого варианта 36%, т. е. в случае увеличения теплозащитных свойств глади стены без дополнительного утепления оконных откосов, увеличивается относительная доля тепловых потерь через оконные откосы наружных стен по сравнению с теми же вариантами стен, но без оконного проема.

Доля теплопотерь через боковые откосы для первых четырех вариантов (см. рис.1.3.2.) относительно тепловых потерь через кирпичную стену без оконного проема имеет следующие значения: при первом варианте доля откоса составляет 26%, во втором варианте — 24%, в третьем варианте — 15% и в четвертом варианте — 9% . Таким образом, применение утепления внутреннего откоса является более эффективным вариантом с точки зрения снижения тепловых потерь через оконные откосы в однослойной кирпичной стене.

На основе вышеперечисленных проведенных расчетов можно сделать следующие выводы:

1. С уменьшением толщины оконного блока в однослойных кирпичных стенах увеличивается доля потерь через оконные откосы;
2. Выполненные расчеты позволили определить, что оптимальное расстояние от наружной грани кирпичной стены до оконного блока с точки зрения минимума тепловых потерь составляет 250 мм. Увеличение или уменьшение этого расстояния ведет к повышению тепловых потерь;



3. Для оценки влияния того или иного фактора, необходимо обращать внимание не только на изменение температуры стены и оконного откоса, но и на величину теплопотерь через них, так как повышение температуры откоса не всегда ведет к уменьшению общих теплопотерь через рассматриваемую конструкцию наружного ограждения;

4. Проведенные расчеты позволили определить, что применение различных способов утепления наружной кирпичной стены ведет к уменьшению тепловых потерь через боковые оконные откосы на 8-64%. Наибольшее снижение теплопотерь через боковые оконные откосы имеет место при утеплении их с внутренней стороны эффективным утеплителем;

5. Численные расчеты показали, что увеличение теплопотерь через боковые оконные откосы составляет через обычную кирпичную стену 14%, через стену с наружным утеплением — 25% и через стену с применением внутреннего утепления — 36%, т. е. в случае увеличения теплозащитных свойств глади стены без дополнительного утепления оконных откосов, увеличивается относительная доля тепловых потерь через оконные откосы наружных стен.

Таким образом, можем сделать вывод, что все современные исследования в области теплопотерь через оконные проемы, направлены на повышение экологической и экономической эффективности.

Таковыми исследованиями обычно является оценка теплозащитных свойств наружных стен с учетом влияния теплотехнических неоднородностей, таких, как оконные откосы, стыки панелей и т.д. При этом проводится определение температуры на внутренней поверхности стен в зонах влияния теплотехнических неоднородностей для уточнения их влияния на теплозащитные свойства стен. Такая задача в настоящее время является актуальной в связи с пересмотром действующих нормативных документов в области теплозащиты зданий. Одновременно представлялось целесообразным подтверждение имеющихся аналитических зависимостей, описывающих

теплопотери через теплотехнические неоднородности ограждений и температуры на их внутренней поверхности для возможности их дальнейшего использования в инженерной практике.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		44

#### 1.4. Выделенные факторы, влияющие на теплопередачу через узел оконного откоса

Выполнено обобщение всех факторов, влияющих на величину дополнительной мощности теплового потока через оконный откос. Выбор данных факторов проведен на основе существующих исследований и модели распределения теплового потока в узле оконного откоса, а также конструктивных особенностей выполнения данного узла при возведении каркасных зданий. Выполнен обзор существующих исследований выявленных факторов различных авторов.

Исследование конструкций оконных систем, узла оконного откоса, а также особенностей выполнения монтажа ограждающих конструкций в зоне оконного откоса позволило определить полный перечень факторов, влияющих на дополнительную мощность теплового потока через узел оконного откоса. К этим факторам относятся:

- толщина стены и коэффициент теплопроводности материала стены;
- толщина утепления (внутреннего и наружного) и коэффициент теплопроводности материала утеплителя;
- толщина утепления откосов и коэффициент теплопроводности материала утепления откосов;
- положение оконной коробки по ширине проема;
- ширина монтажного шва и коэффициент теплопроводности заполнения монтажного шва;
- толщина оконного профиля, его материал и коэффициент теплопроводности;
- тип дистанционной рамки;
- заполнение межстекольного пространства;
- высота перемычки и коэффициент теплопроводности материала перемычки (для верхнего откоса);
- формула стеклопакета (толщина стекол, межстекольного расстояния и количество камер).

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		45

## 2. Методика исследования, применяемое оборудование

Натуральные эксперименты проводились в лабораторном корпусе архитектурно-строительного института ЮУрГУ с помощью климатической камеры. Схема проведения эксперимента представлена на (Рис.2.1).

Для моделирования холодного отделения использовалась климатическая камера КХТВ-24,0 производства ООО «НПО Спецклимат» с полезным объемом 24 м<sup>3</sup> (Рис 2.2). Теплым отделением служило помещение лаборатории. Благодаря этому, температурновлажностный режим в течение всего исследования поддерживался на одном уровне. Таким образом, процесс теплопередачи через исследуемую конструкцию можно считать стационарным.

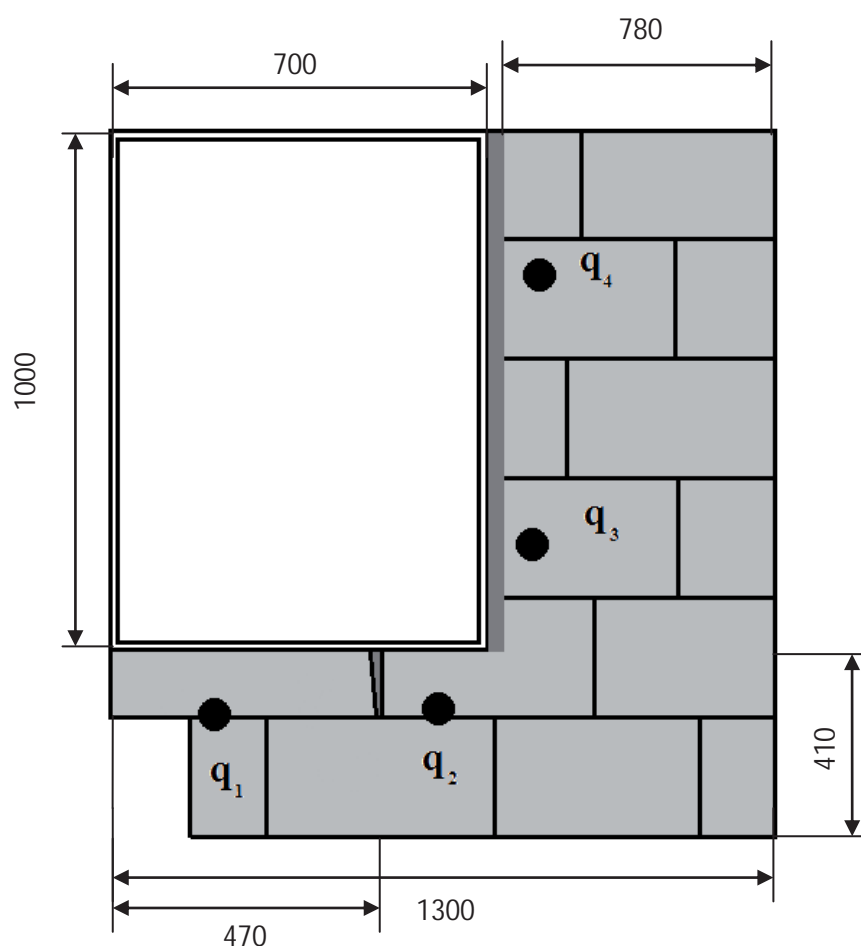


Рис.2.1. Схема проведения экспериментальных замеров на испытуемой макете.

Комплект приборного оборудования включал:

- тепловизор FLIR E60 с матрицей 320x240 пикселей для термографирования поверхности исследуемого фрагмента;
- 10-тиканальный прибор ИТП-МГ4.03.10 «Поток» для измерения и регистрации температуры и плотности теплового потока для каждого испытания продолжительностью не менее 1 суток с интервалом 30 минут;
- термогигрометр ТГЦ-МГ4 для измерения параметров микроклимата в «холодном» отсеке климатической камеры;
- термогигрометр ТЕМП-3.2 для измерения параметров микроклимата в «теплом» отсеке климатической камеры;
- измеритель теплопроводности ИСП-МГ4 «ЗОНД» для измерения коэффициента теплопроводности материала;

Использованное в процессе проведения лабораторных испытаний оборудование прошло процедуру государственной поверки и имеет свидетельство о поверке.



Рис.2.2. Климатическая камера КХТВ-24,0.

При проведении испытаний были соблюдены следующие требования нормативных документов:

– Климатическая камера должна соответствовать требованиям ГОСТ 26254-84 и быть способной поддерживать заданные условия испытаний в течение не менее 48 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;

– Температура в холодном отделении климатической камеры должна выбираться согласно требованиям СП 131.13330.2012 «Строительная климатология»[53] как температура наиболее холодной пятидневки для региона строительства;

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

Данные требования необходимо соблюдать для достижения стационарной стабильной теплопередачи без значительного изменения внутренней и наружной температур, что может привести к потере точности измерений и сильной погрешности.

Исследование одного образца (Рис.2.3.) выполнялось в следующей последовательности:

1. Сборка исследуемого образца на специальной металлической установке. Установка отодвигалась от климатической камеры, на ней производилась сборка исследуемого образца, либо изменение каких-либо конструктивных особенностей уже собранного образца;



Рис.2.3. Исследуемая модель, помещаемая в климатическую камеру

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

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

4. Определение характерных зон. После достижения исследуемым образцом стационарной теплопередачи с помощью тепловизионной съемки были определены характерные для теплопередачи зоны;

5. Установка датчиков. Для проведения эксперимента были установлены датчики теплового потока (4 шт.) в характерные зоны образца со стороны

теплого отсека камеры, датчики температуры воздуха, установленные на расстоянии не более 100 мм от поверхностей;

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

7. Анализ данных. Проводилось сравнение данных, полученных в ходе эксперимента, и данных, рассчитанных в ПК ELCUT. Сравнились значения тепловых потоков в характерных зонах конструкции.

Математическое моделирование велось с использованием программного комплекса «ELCUT» V.5.10.

Программный комплекс «ELCUT» - это передовая программа для инженерного моделирования электромагнитных, тепловых и механических задач посредством метода конечных элементов.

Неоспоримыми преимуществами ПК ELCUT является:

- Легкий для понимания интерфейс;
- Простое описание весьма сложных моделей;
- Большие возможности по анализу построенных моделей;
- Глубокая интеграция по автоматизированию различных процессов.

Все эти плюсы, дают возможность не рассеивать внимание на сторонние факторы при проведении сложных расчётов, тем самым с ПК «ELCUT» разработчик может полностью сосредоточиться на поставленной задаче.

ПК «ELCUT» используют для расчёта и моделирования физических полей. Все сценарии использования данного программного комплекса связаны с выполнением научной деятельности.

На данный момент, физические задачи, которые позволяет моделировать ПК «ELCUT», возникают в самых разных областях научных исследований.



Программный комплекс используется в российских и зарубежных научных центрах. Количество публикуемого материала, в ходе которого был задействован ELCUT, доказывает его эффективность.

ПК «ELCUT» обладает сертификатом соответствия № РОСС RU.СП15.Н00904 от 25.03.2016. Соответствует требованиям нормативных документов СП 50.13330.2012, СанПиН 2.2.4.1191-03, ГОСТ Р ИСО 9127-94, ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000.

В ходе моделирования каждому материалу был присвоен свой коэффициент теплопроводности ( $Вт/°С·м$ ) (Рис.2.4), который мог изменяться в зависимости от значения фактора. Помимо этого для поверхностей (Рис.2.5) задавались свои характеристики. Характеристики материалов представлены в таблице 2.

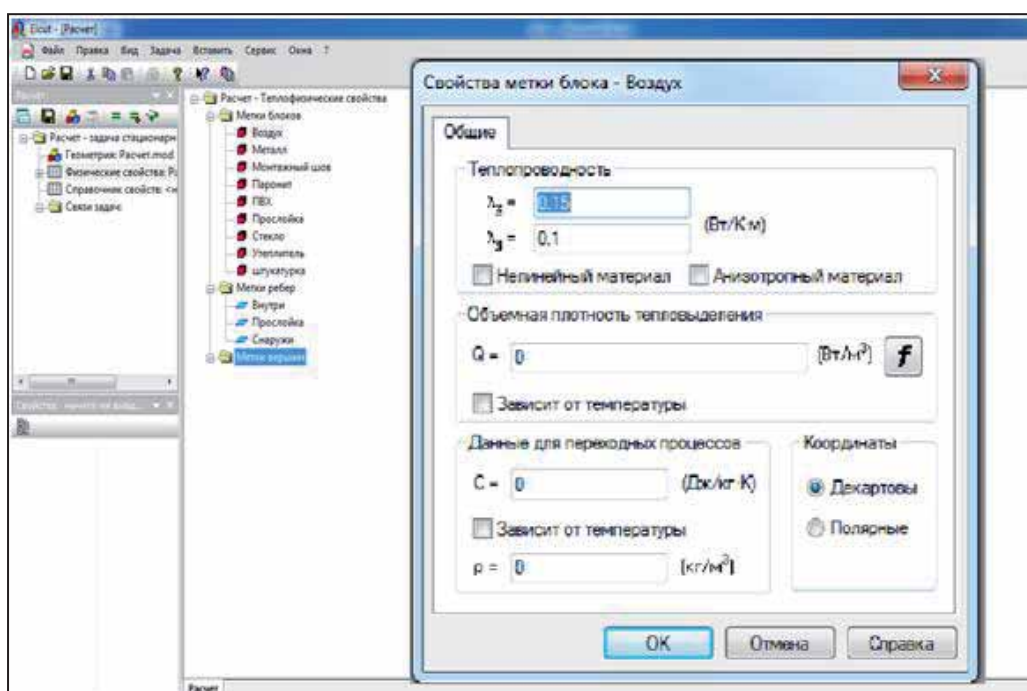


Рис.2.4. Присвоение свойств материалам

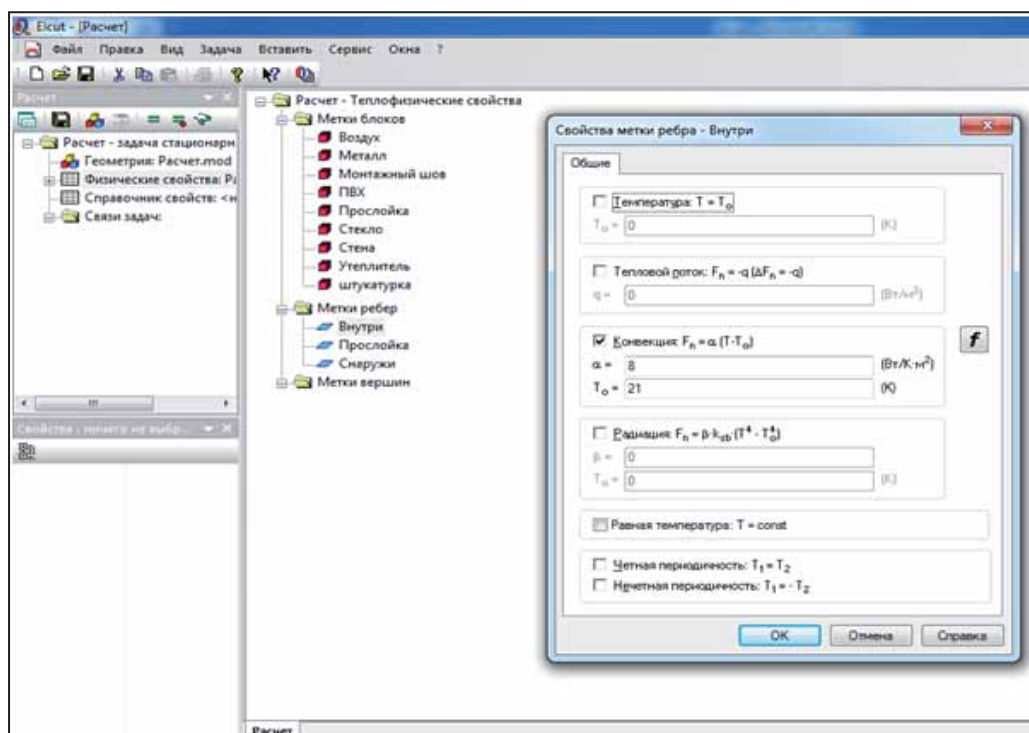


Рис.2.5. Присвоение свойств поверхностям.

Таблица 2. Характеристики материалов

№	Конструкция	Состав	Коэффициент теплопроводности $\lambda_d$ , Вт/(м·°С)
1	Стена	Шлакоблок марки М-75, размером 390x188x190 мм	0,46
2	Монтажный шов	Монтажная пена Tutan Professional STD	0,032
3	Оконная конструкция	Окно с профилями ПВХ	—
		Окно с алюминиевым профилем Alutech ALTW62	—
4	Крепление оконных конструкций	Дюбель фасадный с саморезом Mungo MBK-STB 10x100	58
5	Утепление	Минераловатные плиты Isover Фасад, размером 1200x600x50 мм, плотностью не менее 130 кг/м <sup>3</sup>	0,040
6	Крепление утеплителя	Тарельчатые дюбели с металлическим гвоздем с термоголовой Koelner Ø10 мм	58

### **3. Экспериментальные исследования влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности гражданских зданий**

#### **3.1. Результаты лабораторного эксперимента**

В ходе исследования на образце (Рис 3.1.2) было проведено 7 независимых экспериментов:

Эксперимент №1 (Рис.3.1.4). С дефектом в кладке и без утеплителя. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.

Эксперимент №2 (Рис.3.1.6). С дефектом в кладке и пенном шве без утеплителя. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм. как представлено на (Рис 3.1.1).

Эксперимент №3 (Рис.3.1.8). С дефектом в кладке и пенном шве утеплитель 50мм. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм.

Эксперимент №4 (Рис.3.1.11). С дефектом в кладке и пенном шве утеплитель 100мм. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм.

Эксперимент №5 (Рис.3.1.14). Без дефектов, утеплитель 100мм.

Эксперимент №6 (Рис.3.1.16). Без дефектов, утеплитель 50мм.

Эксперимент №7 (Рис.3.1.18). Без дефектов и без утеплителя.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		53

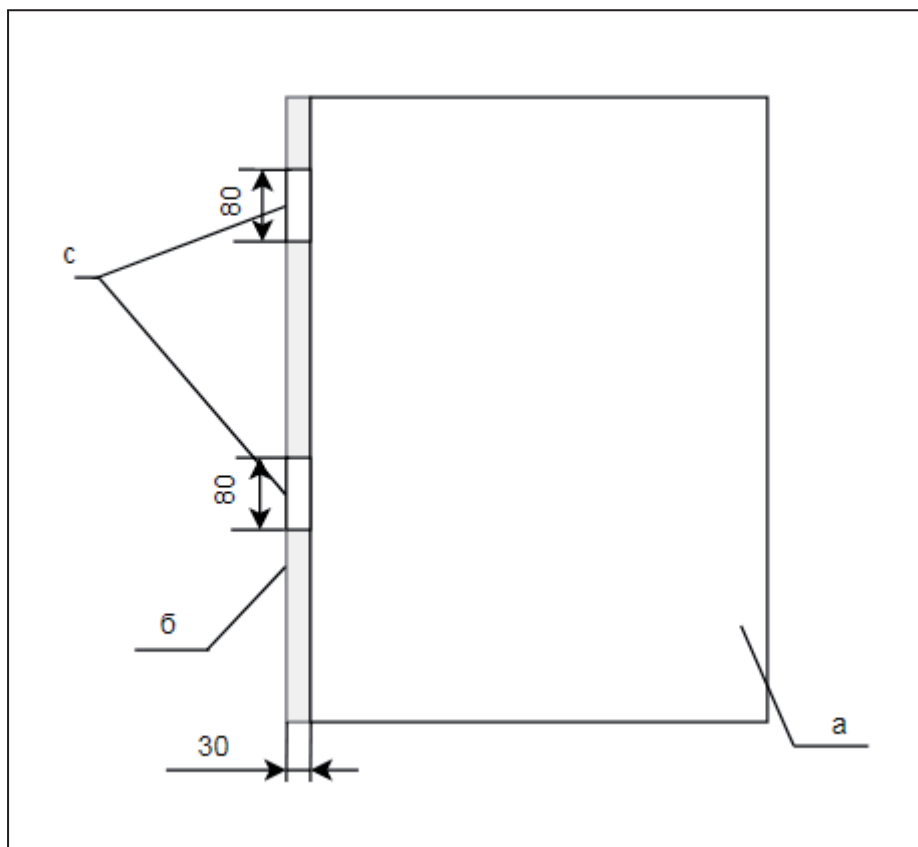


Рис.3.1.1. Дефект в пенном шве:

а - оконный блок; б - пенный шов; с - полости в пенном шве.

Технология возведения стены из шлакоблока и установка оконного блока:

1. Подготовка поверхности, на которой будет возводиться кладка, а так же разметка первого ряда блоков;
2. Укладка блоков с перевязкой швов с использованием специального клеящего состава;
3. Подготовка проема. Поверхности внутренних и наружных проемов не должны иметь отколов, раковин и наплывов более 10 мм. Дефектные места должны быть зашпаклеваны водостойкими полимерцементными составами. Поверхность очищается от пыли, грязи. На поверхности четверти и откосов в области наклеивания пароизоляционных и паропроницаемых лент в 1-2 слоя наносят грунтовочный состав;
4. Изоляция оконного откоса. На первом этапе изоляции внутреннего слоя наклеивают пароизоляционную ленту по трем сторонам откоса в следующей последовательности: сначала на вертикальные поверхности откоса, затем на

горизонтальную потолочную поверхность. При этом тщательно выполняется заделка мест нахлеста лент. Пароизоляционную ленту шириной 60-70 мм наклеивают широким липким слоем, отступая от четверти проема на 30-35 мм, используя планку-ограничитель. Перед монтажом оконного блока в проем производят установку паропроницаемой уплотняющей ленты ПСУЛ. Крепление ПСУЛ можно производить, как к раме оконного блока, так и непосредственно к поверхности четверти проема. Сначала ленту ПСУЛ приклеивают на вертикальную поверхность, затем на горизонтальную верхнюю, выполняя в нахлест лент в местах их пересечения. При наклеивании снимают защитную бумажную ленту со стороны липкого слоя с опережением на 5-10 см;

5. Монтаж оконного блока. Установка и механическое крепление оконного блока в проем в соответствии с требованиями ГОСТ 30971. Выполняют центральный слой заполнения шва монтажной пеной. До полного расширения пены следует завершить устройство изоляции внутреннего слоя. Для этого свободный край установленной на откос пароизоляционной ленты наклеивают липкой стороной слоем на внутренние вертикальные и верхнюю горизонтальную поверхности оконного блока на ширину не менее 10 мм. При этом края ленты не должны выходить за пределы декоративного наличника, который устанавливается сразу же после устройства внутреннего пароизоляционного слоя. Завершающим этапом монтажа оконного блока и изоляции монтажного узла является установка слива и подоконной плиты, которые устанавливаются в заводских условиях или на строительной площадке. Типовой узел оконного откоса представлен на (Рис 3.1.3)

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		55



Рис.3.1.2. Испытуемый образец.

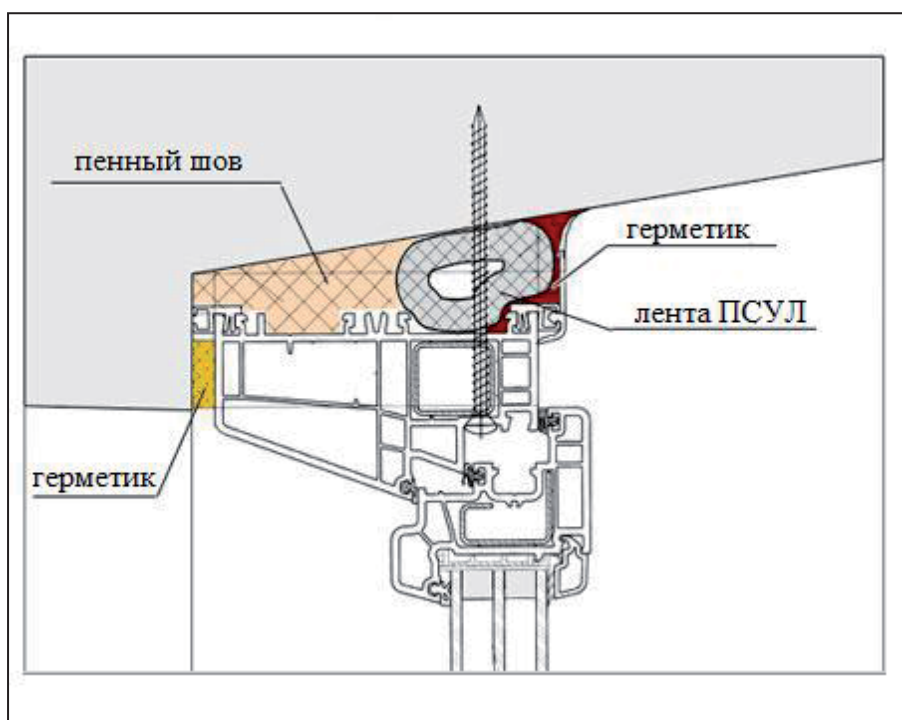


Рис.3.1.3. Типовой узел оконного откоса.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

АСИ392

## Эксперимент №1. С дефектом в кладке и без утеплителя



Рис.3.1.4. Изображение испытываемой модели (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.) до помещения в камеру.

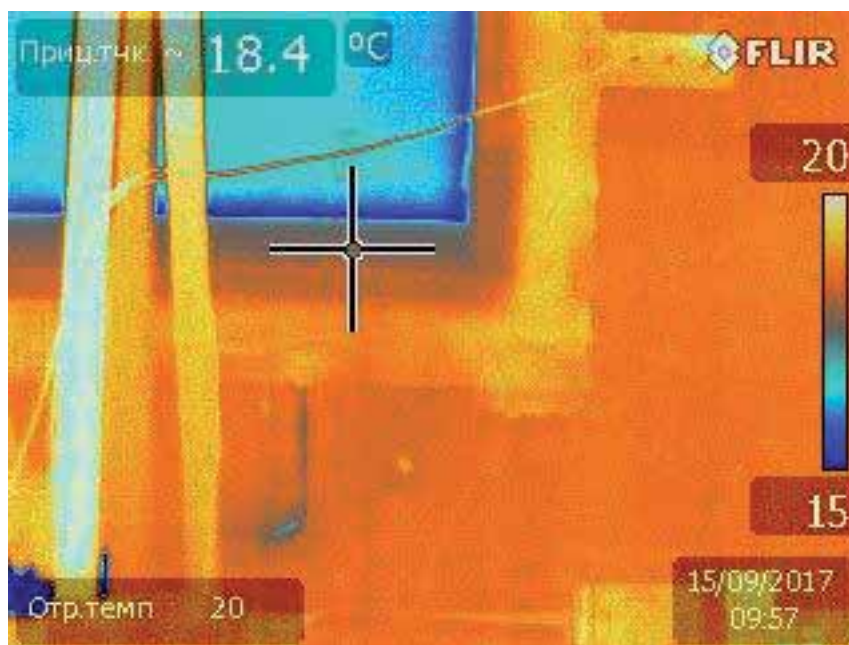


Рис.3.1.5. Показания с тепловизора. (Фрагмент Рис.3.1.4.)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Эксперимент №2. С дефектом в кладке и пене без утеплителя.



Рис.3.1.6. Изображение испытуемой модели (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80х30х140 мм) до помещения в камеру.



Рис.3.1.6. Дефект в пенном шве (Фрагмент Рис.3.1.5.)



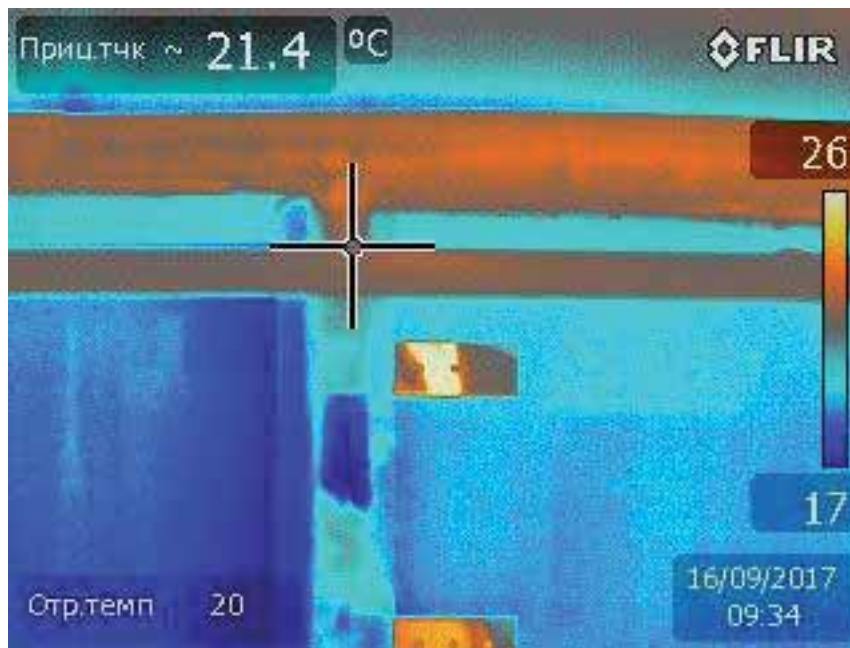


Рис.3.1.7. Показания с тепловизора. (Фрагмент Рис.3.1.5.)

Эксперимент №3. С дефектом в кладке и пене утеплитель 50 мм.



Рис.3.1.8. Изображение испытуемой модели (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм.) утеплитель 50 мм. до помещения в камеру.

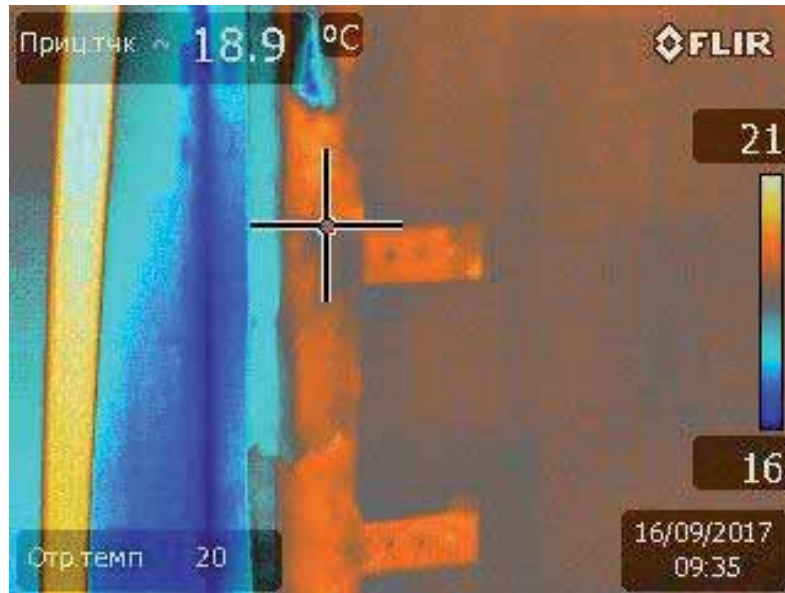


Рис.3.1.9. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.8.)

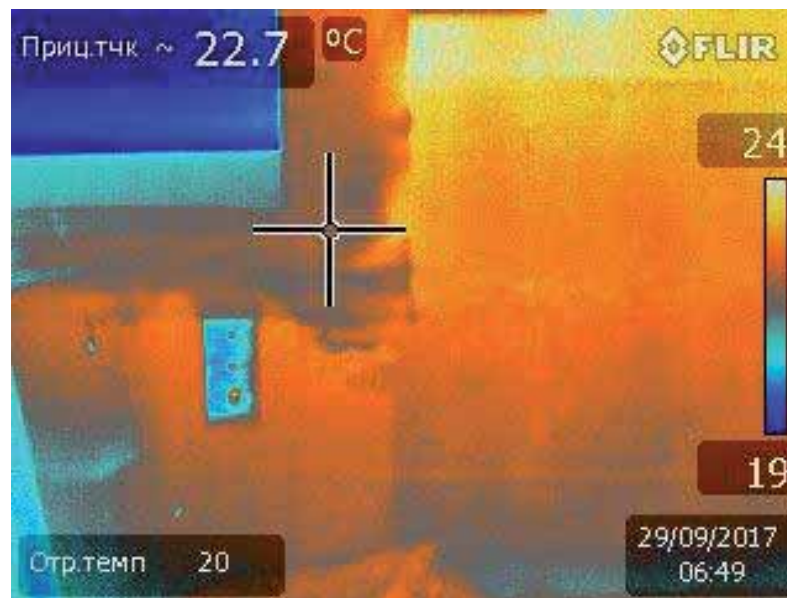


Рис.3.1.10. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.8.)

Эксперимент №4. С дефектом в кладке и пене утеплитель 100 мм.



Рис.3.1.11. Изображение испытуемой модели (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80х30х140 мм.) утеплитель 100 мм. до помещения в камеру.

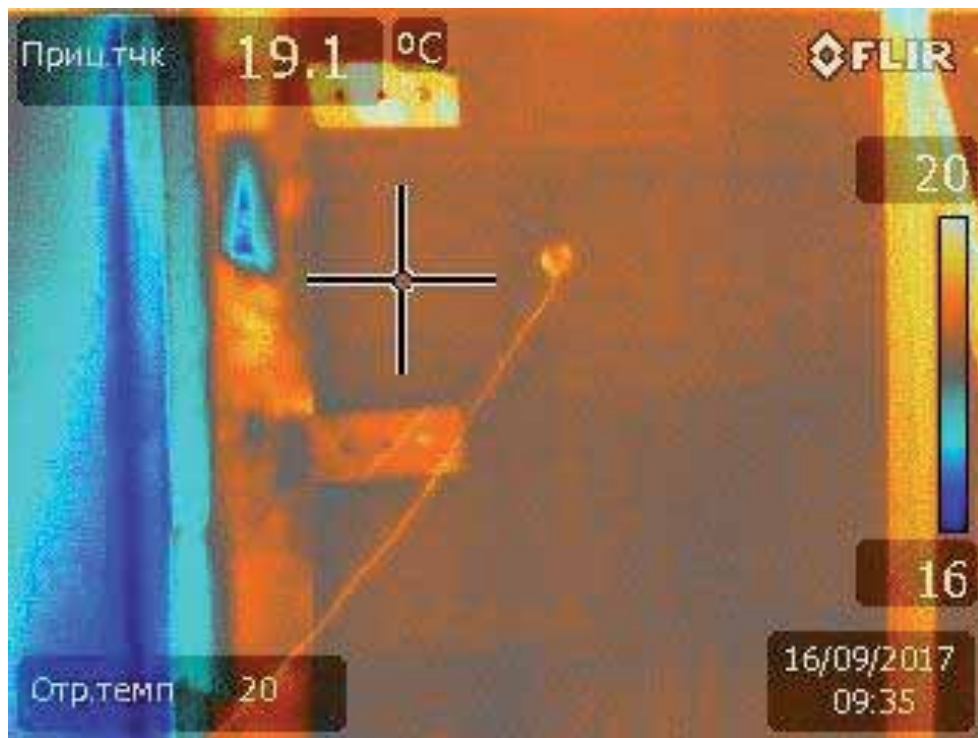


Рис.3.1.12. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.11.)

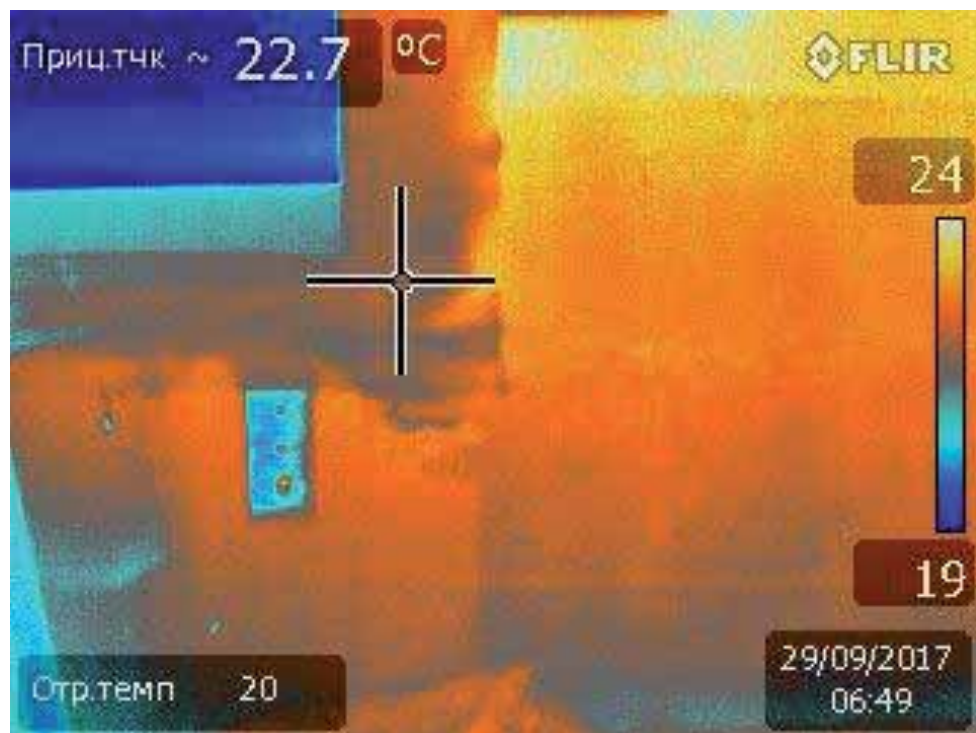


Рис.3.1.13. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.11.)

Эксперимент №5. Без дефектов, утеплитель 100 мм.



Рис.3.1.14. Изображение испытуемой модели (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80х30х140 мм.) утеплитель 100 мм. до помещения в камеру.

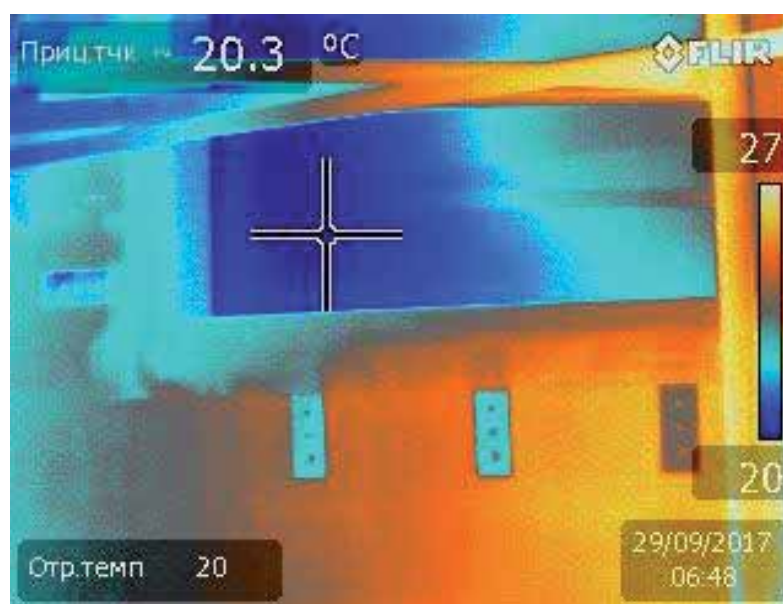


Рис.3.1.15. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.14.)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Эксперимент №6. Без дефектов, утеплитель 50 мм.



Рис.3.1.16. Изображение испытуемой модели утеплитель 50 мм. до помещения в камеру.

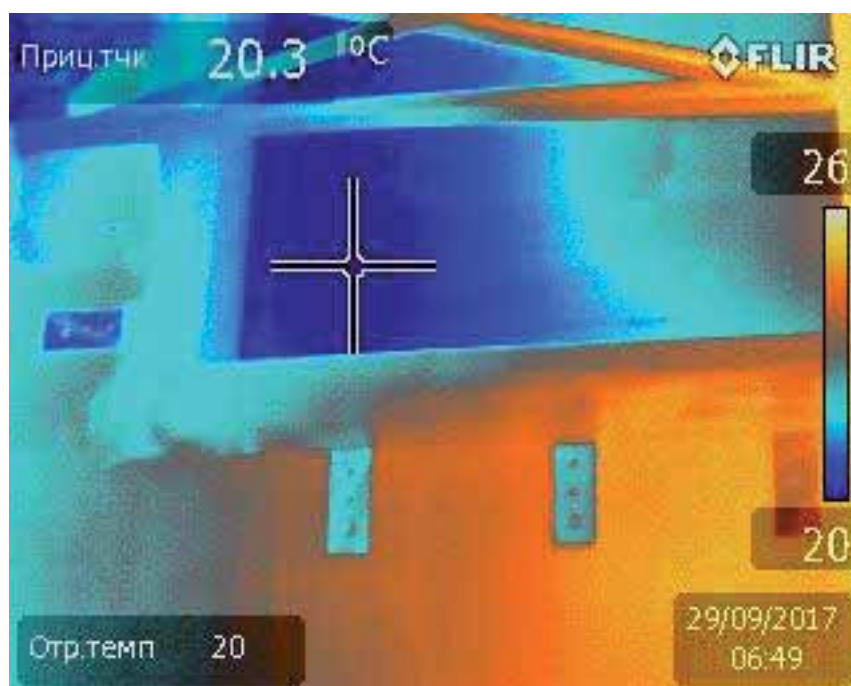


Рис.3.1.17. Показания с тепловизора. (Фрагмент Рис.3.1.16.)

Эксперимент №7. Без дефектов и без утеплителя.



Рис.3.1.18. Изображение испытуемой модели (без дефектов) без утеплителя до помещения в камеру.



Рис.3.1.19. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.18.)

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

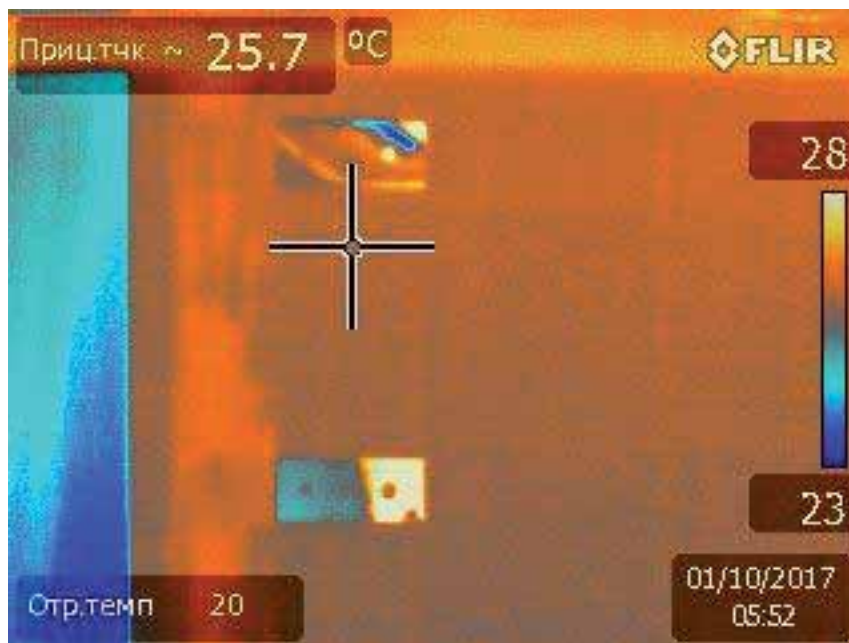


Рис.3.1.20. Показания с тепловизора (Фрагмент Рис.3.1.18.)

Данные по результатам проведенного эксперимента представлены в таблице 3.

Таблица 3. Данные полученные в ходе проведения лабораторного эксперимента

№	Эксперимент	Мощность теплового потока через стену с узлом, Вт/м	Условная мощность теплового потока, Вт/м	Мощность теплового потока через узел откоса, Вт/м	Разность температур, °C	Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, Вт/(м·°C)
1	Без дефекта, без утепления	98,7	92,7	6	55	0,109
2	Без дефекта, с утеплением 50 мм	36,3	29,8	6,5	55	0,1181
3	Без дефекта, с утеплением 100 мм	22,4	17,8	4,6	55	0,084
4	Дефект кладки, без утепления	107,8	92,7	15,1	55	0,274
5	Дефект кладки и пены, без утепления	112,6	92,7	19,9	55	0,362
6	Дефект кладки и пены, с утеплением 50 мм	40	29,8	10,2	55	0,185
7	Дефект кладки и пены, с утеплением 100 мм	25,3	17,8	7,5	55	0,136



### 3.2. Результаты моделирования в программе «ELCUT»

В ходе исследования было проведено 12 независимых экспериментов:

1. Оконная конструкция (Рис. 3.2.1) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Без утепления наружной поверхности стены;

2. Оконная конструкция (Рис. 3.2.3) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Утепление наружной поверхности стены составило 50 мм;

3. Оконная конструкция (Рис. 3.2.5) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Утепление наружной поверхности стены составило 100 мм;

4. Оконная конструкция (Рис. 3.2.7) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Без утепления наружной поверхности стены. В данном эксперименте присутствовал дефект кладки. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм;

5. Оконная конструкция (Рис. 3.2.9) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Утепление наружной поверхности стены 50 мм. В данном эксперименте присутствовал дефект кладки. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм;

6. Оконная конструкция (Рис. 3.2.11) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Утепление наружной поверхности стены 100мм. В данном эксперименте присутствовал дефект кладки. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм;

7. Оконная конструкция (Рис. 3.2.13) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Утепление наружной поверхности стены составило 100 мм. В данном эксперименте присутствовал дефект в пенном шве. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами

80x30x140 мм;

8. Оконная конструкция (Рис. 3.2.15) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Утепление наружной поверхности стены составило 50 мм. В данном эксперименте присутствовал дефект в пенном шве. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм;

9. Оконная конструкция (Рис. 3.2.17) с алюминиевым профилем, монтажный шов шириной 30 мм. Без утепления наружной поверхности стены. В данном эксперименте присутствовал дефект в пенном шве. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм;

В таблице 4. приведены окончательные результаты по всем экспериментам. Разрез исследуемого образца (Рис. 3.2.19).

Таблица 4. Сводная таблица результатов по всем моделированиям в программе «ELCUT»

№	Эксперимент	Мощность теплового потока через стену с узлом, Вт/м	Условная мощность теплового потока, Вт/м	Мощность теплового потока через узел откоса, Вт/м	Разность температур, °С	Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, Вт/(м·°С)
1	Без дефекта, без утепления	95,8	92,7	3,06	55	0,0556
2	Без дефекта, с утеплением 50 мм	35,1	29,8	5,3	55	0,0964
3	Без дефекта, с утеплением 100 мм	21,8	17,8	3,97	55	0,0722
4	Дефект кладки, без утепления	103,6	92,7	10,9	55	0,198
5	Дефект кладки, с утеплением 50 мм	37,3	29,8	7,5	55	0,136
6	Дефект кладки, с утеплением 100 мм	22,6	17,8	4,8	55	0,087
7	Дефект пены с утеплением 100 мм	23,8	17,8	6	55	0,109

8	Дефект пены, с утеплением 50 мм	38,4	29,8	8,6	55	0,156
9	Дефект пены, без утепления	103	92,7	10,3	55	0,187

Температурные поля и схемы узла исследуемого фрагмента приведены на рисунках:

Эксперимент №1. Без дефекта и утепления наружной поверхности стены

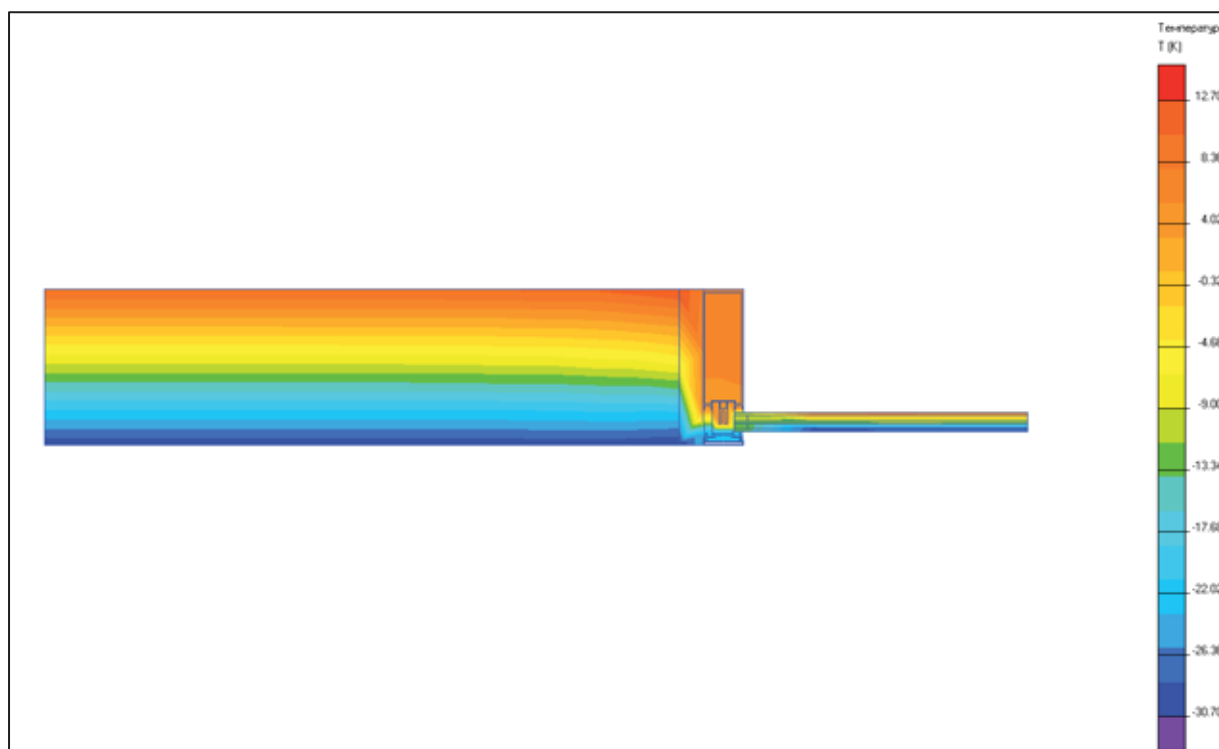


Рис.3.2.1. Температурное поле исследуемого образца. Без дефекта и утепления наружной поверхности стены.

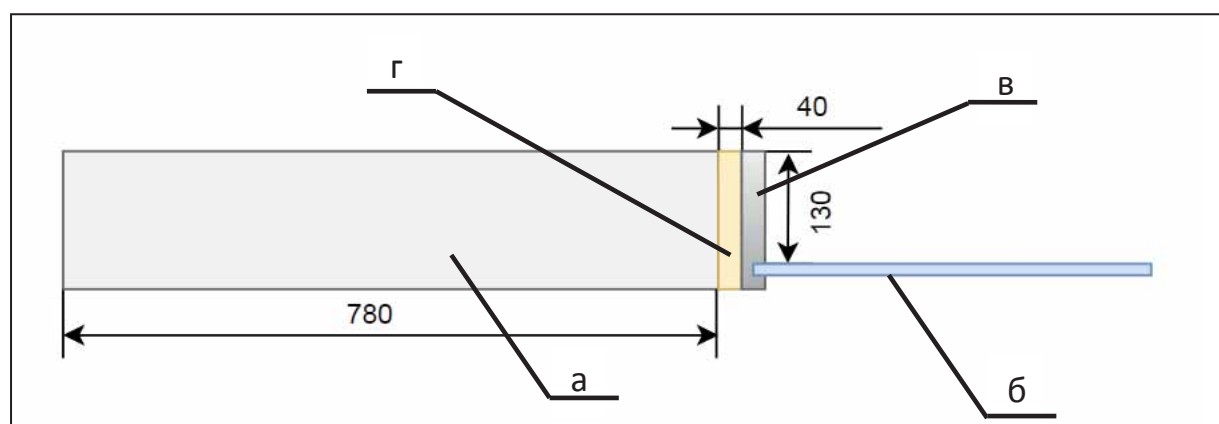


Рис.3.2.2. Схема узла исследуемого фрагмента. Без дефекта и утепления наружной поверхности стены: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - пенный шов.

Эксперимент №2. Без дефекта, утепление наружной поверхности стены составило 50 мм.

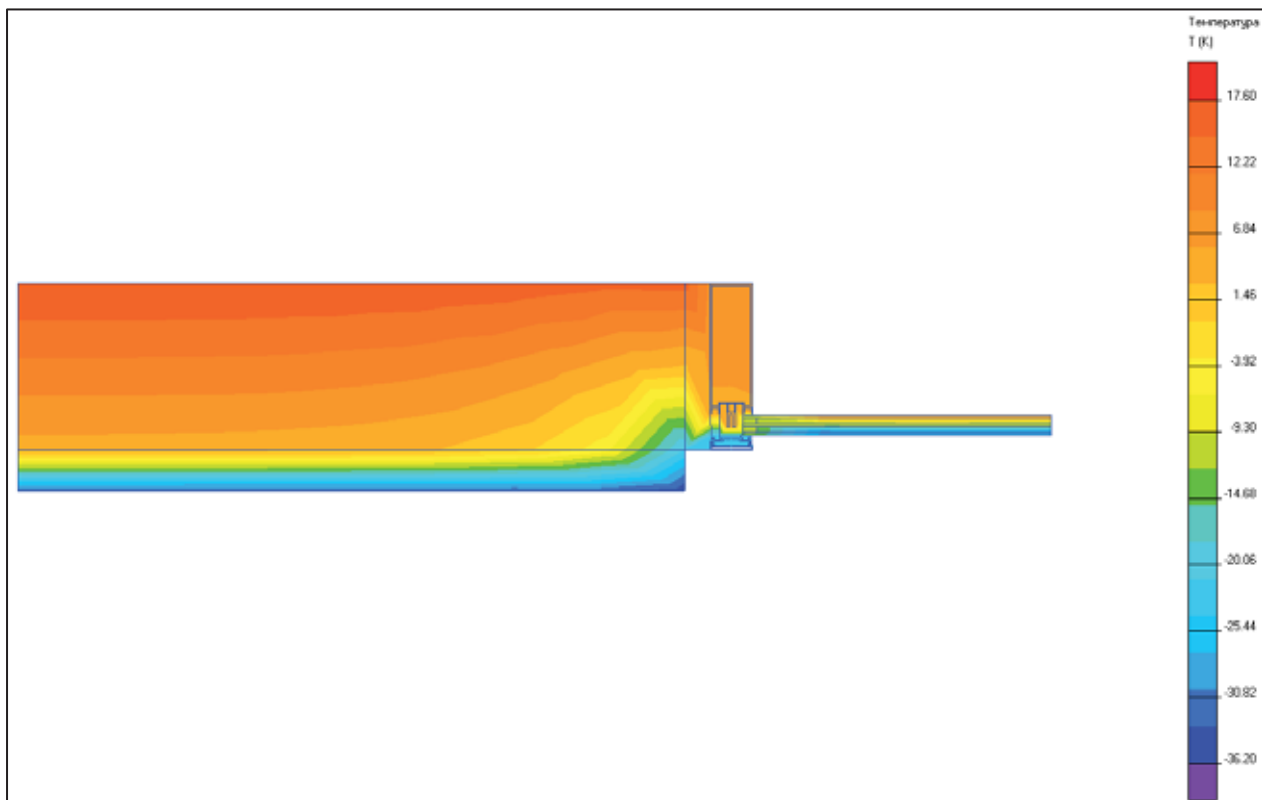


Рис. 3.2.3 Температурное поле исследуемого образца. Без дефекта, утепление наружной поверхности стены 50 мм.

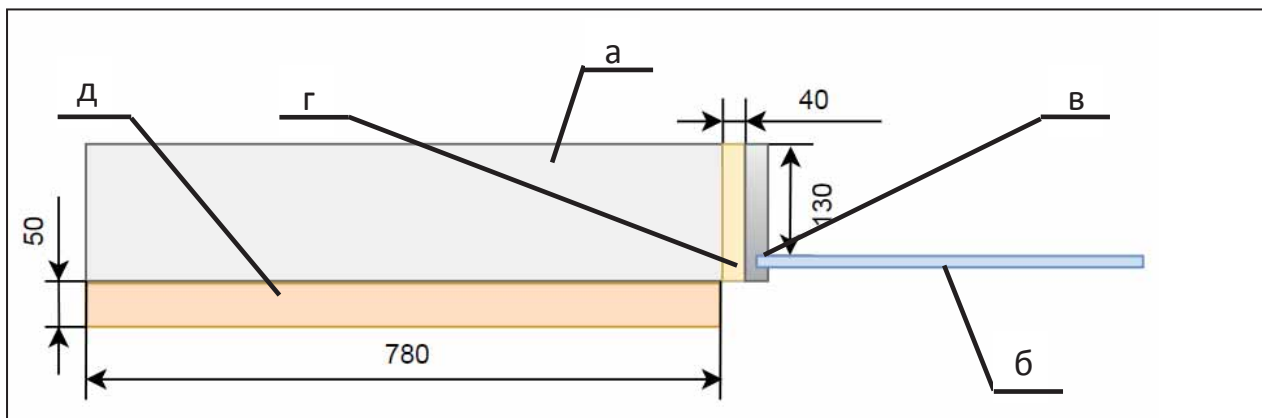


Рис.3.2.4. Схема узла исследуемого фрагмента. Без дефекта, утепление наружной поверхности стены 50 мм: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - пенный шов; д – утеплитель.

Эксперимент №3. Без дефекта, утепление наружной поверхности стены составило 100 мм.

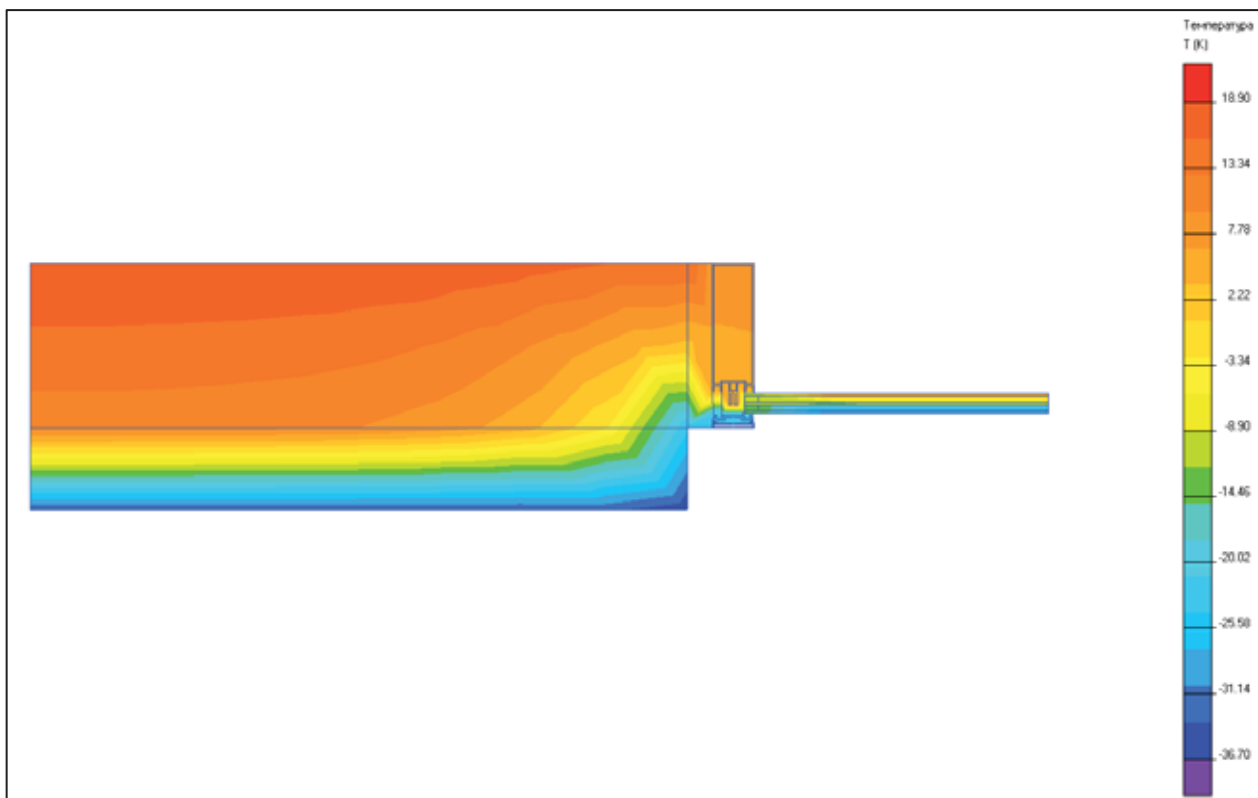


Рис. 3.2.5 Температурное поле исследуемого образца. Без дефекта, утепление наружной поверхности стены 100 мм.

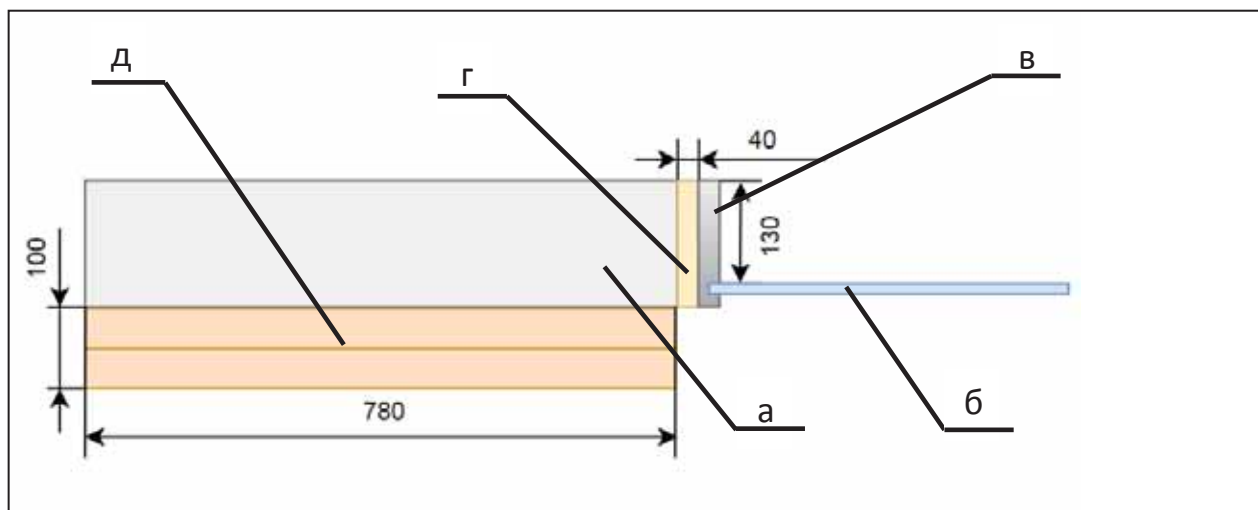


Рис.3.2.6. Схема узла исследуемого фрагмента. Без дефекта, утепление наружной поверхности стены 100 мм: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - пенный шов; д – утеплитель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Эксперимент №4. С дефектом кладки. Без утепления наружной поверхности  
стены.

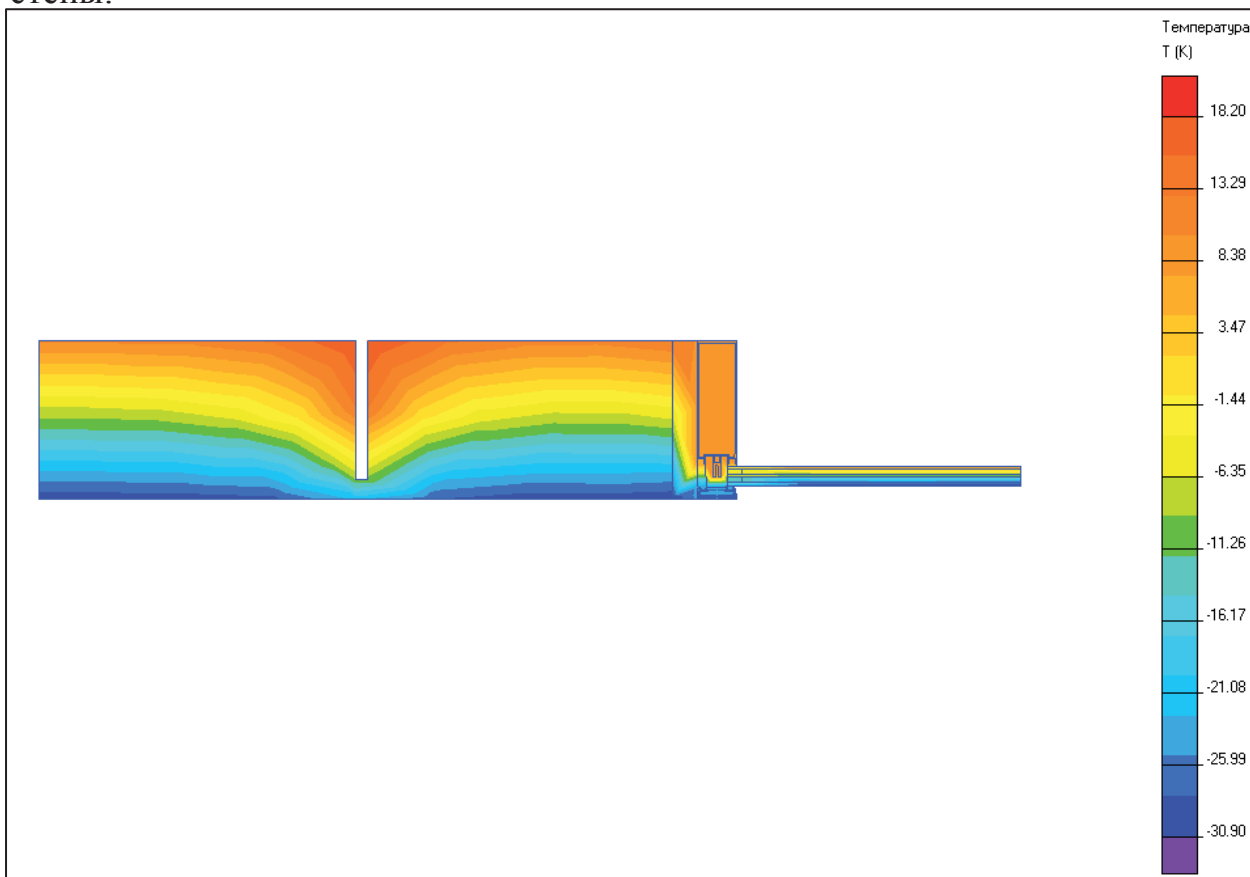


Рис. 3.2.7 Температурное поле исследуемого образца. Дефект кладки прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм., без утепления наружной поверхности стены.

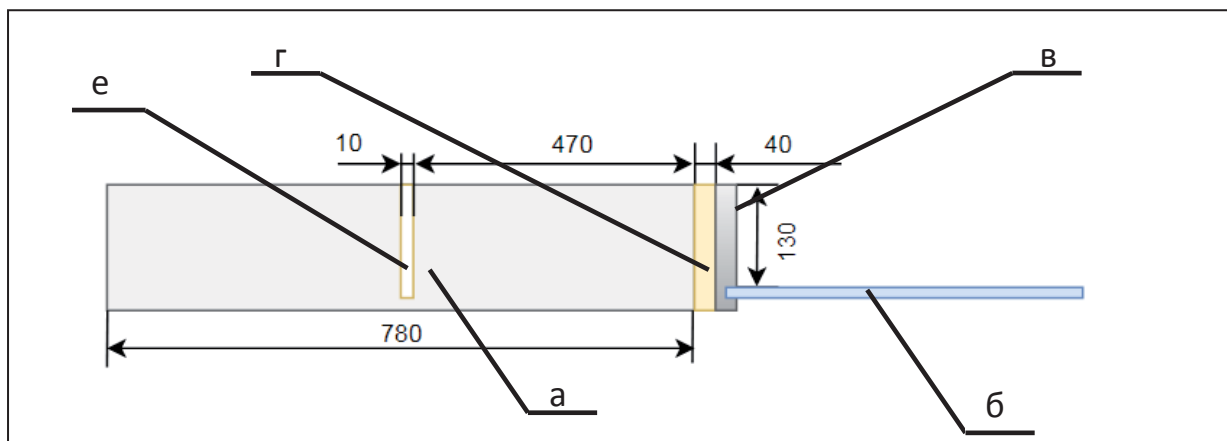


Рис.3.2.8. Схема узла исследуемого фрагмента. Дефект кладки прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм., без утепления наружной поверхности стены: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - пенный шов; д – утеплитель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата
------	------	----------	---------	------

Эксперимент №5. С дефектом кладки. Утепление наружной поверхности  
стены составило 50 мм.

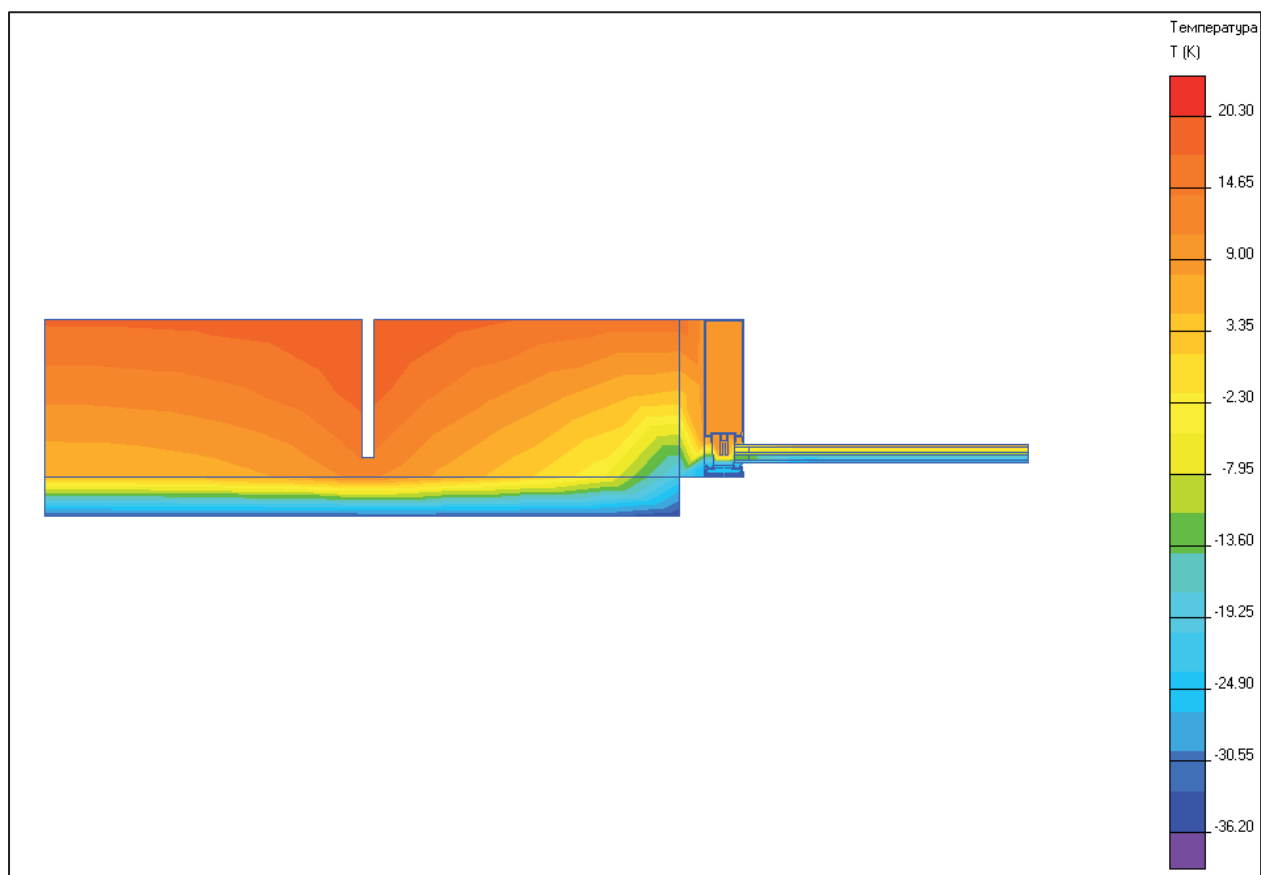


Рис. 3.2.9 Температурное поле исследуемого образца. Дефект кладки прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм., утепление наружной поверхности стены 50 мм.

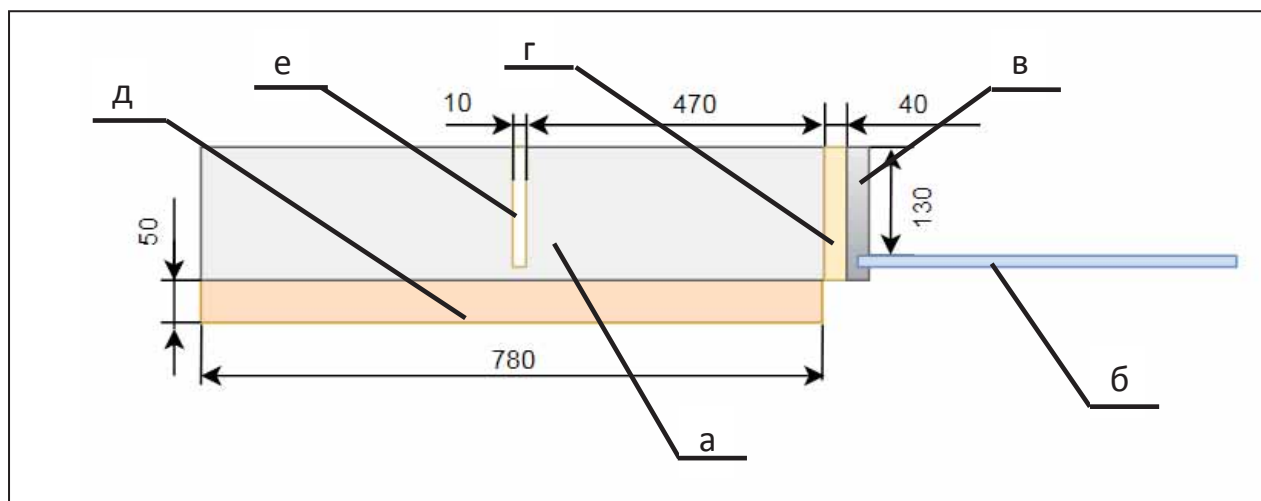


Рис.3.2.10. Схема узла исследуемого фрагмента. Дефект кладки прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм., утепление наружной поверхности стены 50 мм: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - пенный шов; д – утеплитель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Эксперимент №6. С дефектом кладки. Утепление наружной поверхности  
 стены составило 100 мм.

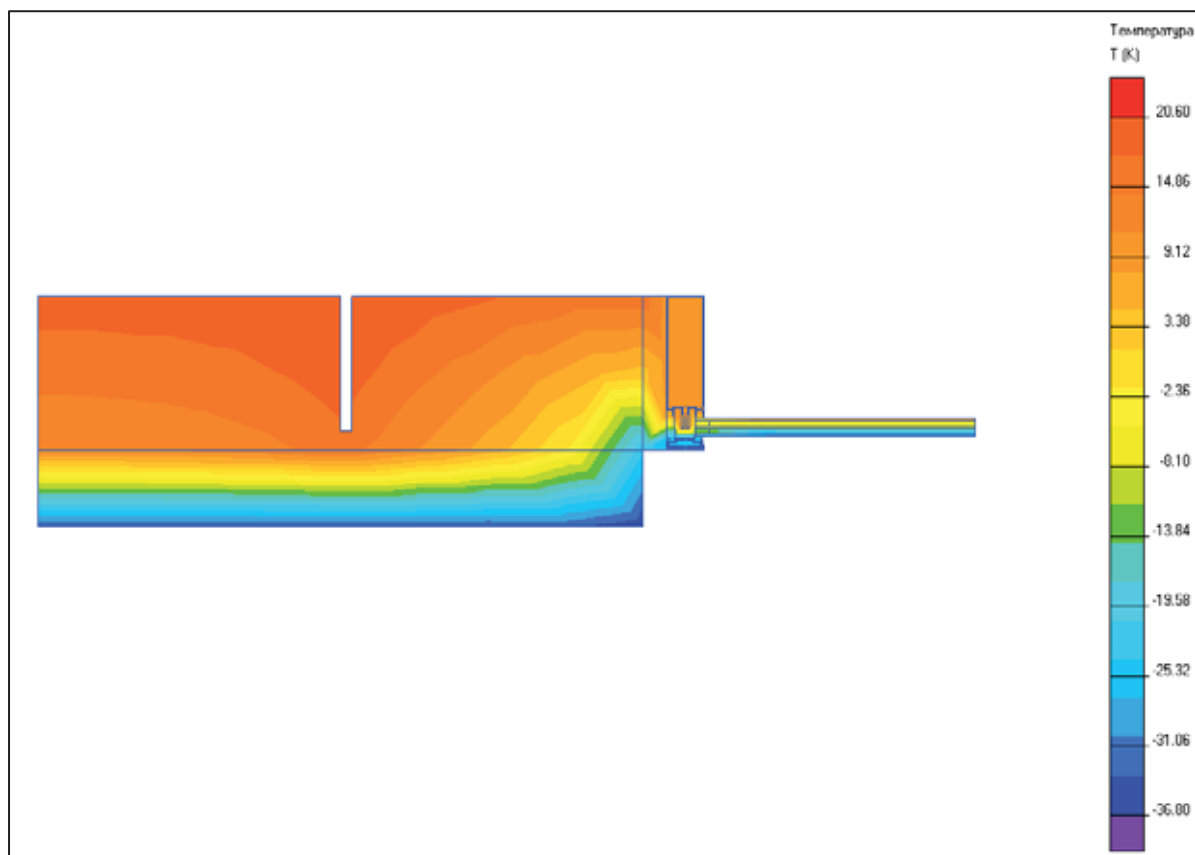


Рис. 3.2.11. Температурное поле исследуемого образца. Дефект кладки прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм., утепление наружной поверхности стены 100 мм.

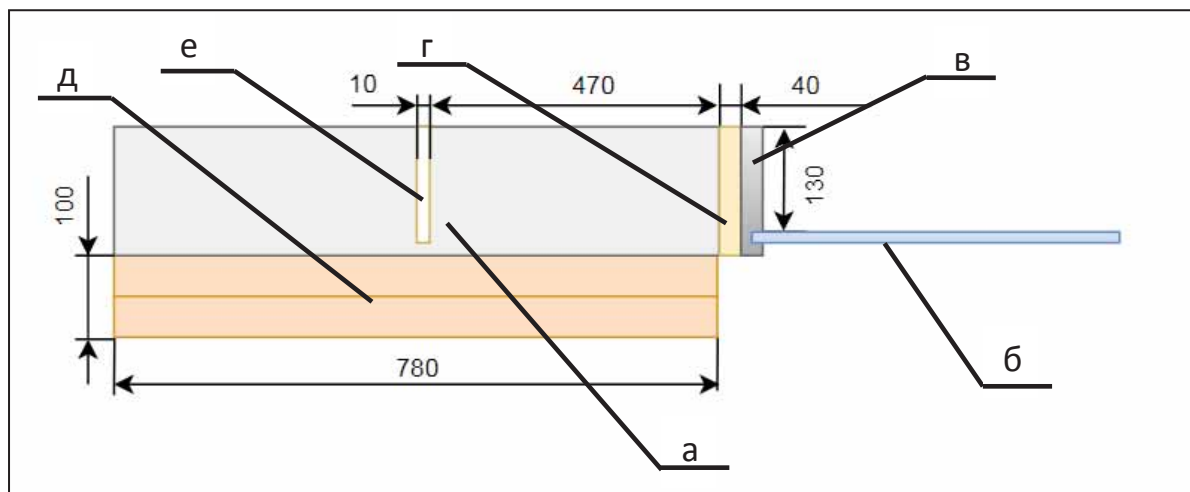


Рис.3.2.12. Схема узла исследуемого фрагмента. Дефект кладки прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм., утепление наружной поверхности стены 100 мм: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - пенный шов; д – утеплитель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

АСИ392

Лист

74



Эксперимент №7. С дефектом в пене. Утепление наружной поверхности стены составило 100 мм.

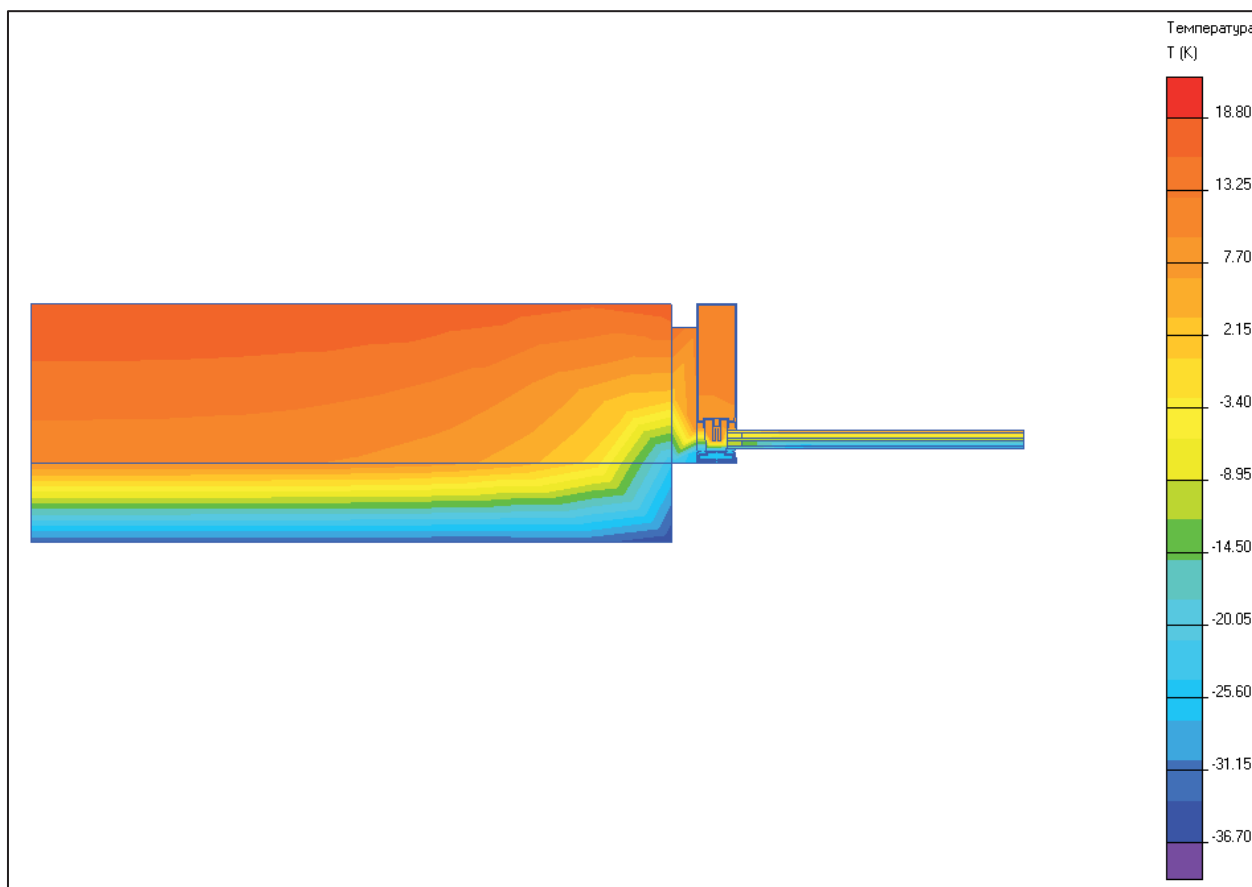


Рис. 3.2.13. Температурное поле исследуемого образца. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм., утепление наружной поверхности стены 100 мм.

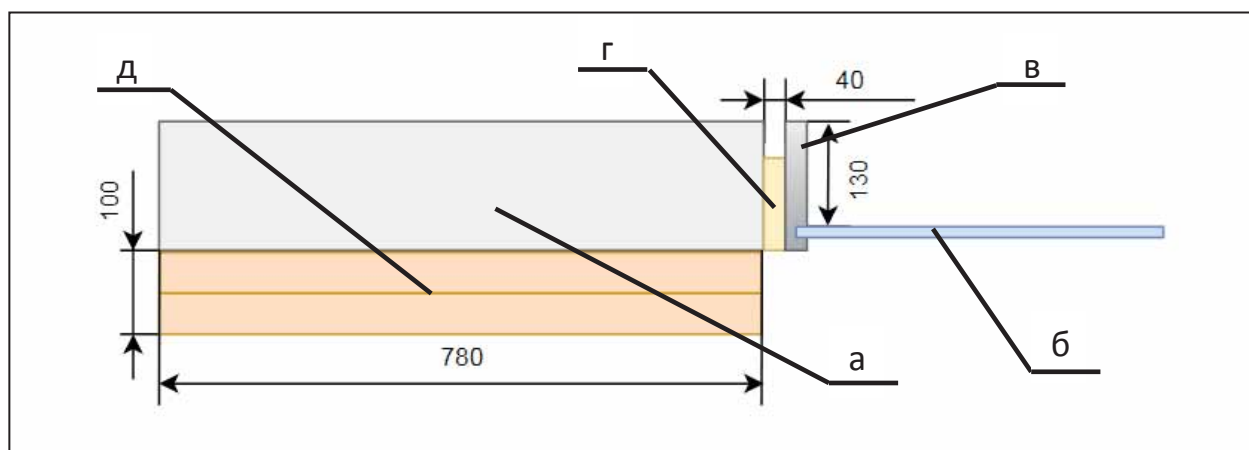


Рис.3.2.14. Схема узла исследуемого фрагмента. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм., утепление наружной поверхности стены 100 мм: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - дефект пенного шва; д – утеплитель.

Эксперимент №8. С дефектом в пене. Утепление наружной поверхности стены составило 50 мм.

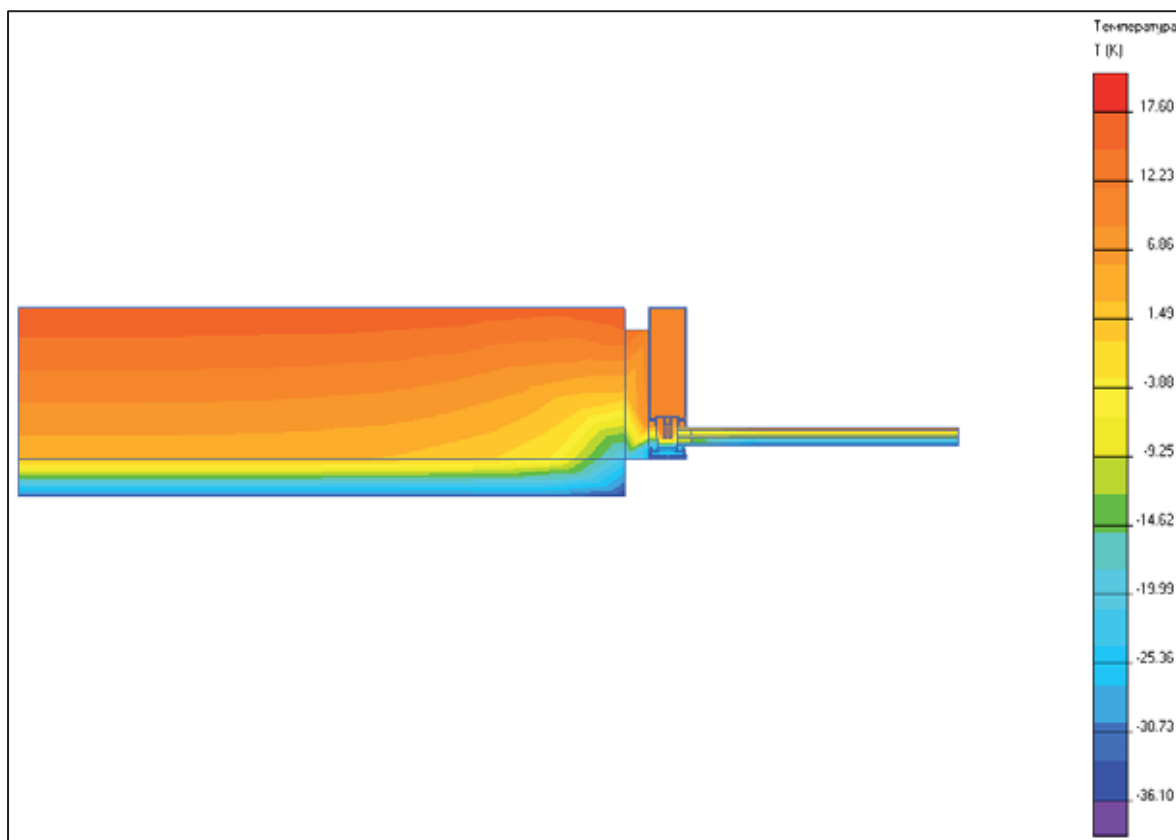


Рис. 3.2.15. Температурное поле исследуемого образца. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм., утепление наружной поверхности стены 50 мм.

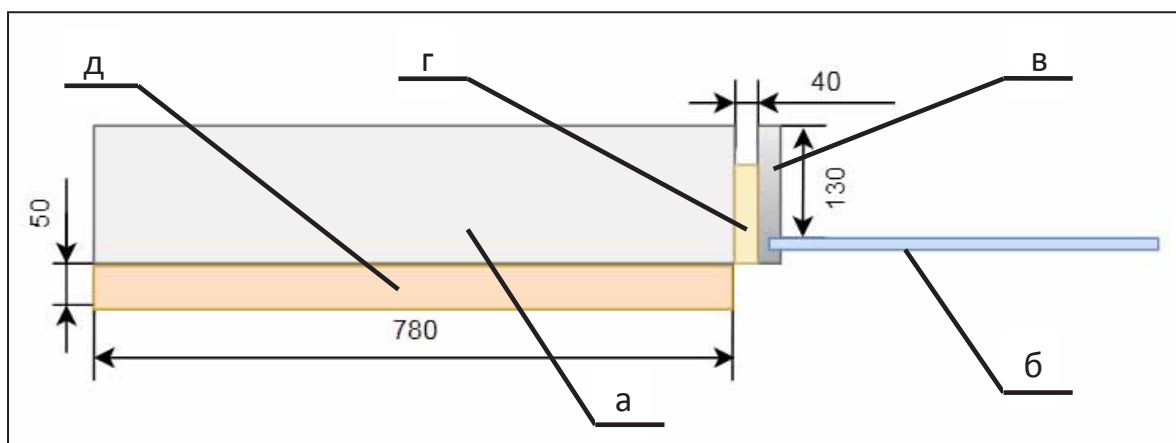


Рис. 3.2.16. Схема узла исследуемого фрагмента. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм., утепление наружной поверхности стены 50 мм: а – стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - дефект пенного шва; д – утеплитель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

Эксперимент №9. С дефектом в пене. Без утепления наружной поверхности стены.

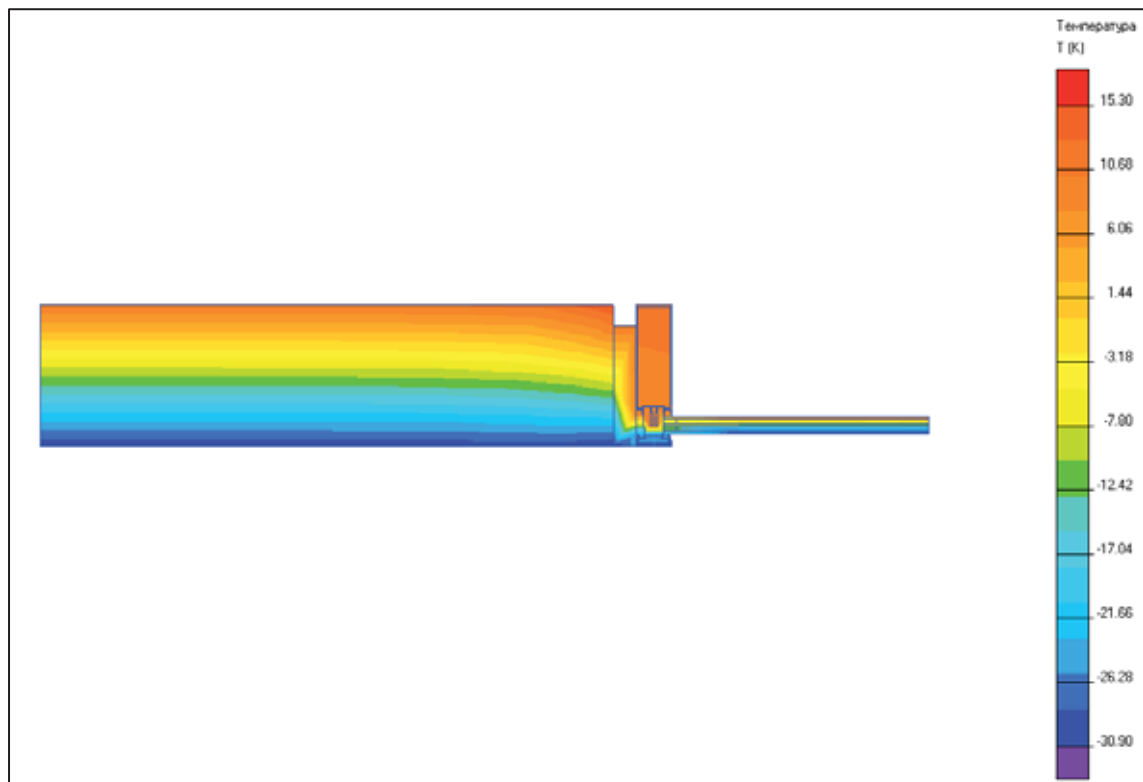


Рис. 3.2.17. Температурное поле исследуемого образца. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм., без утеплителя наружной поверхности.

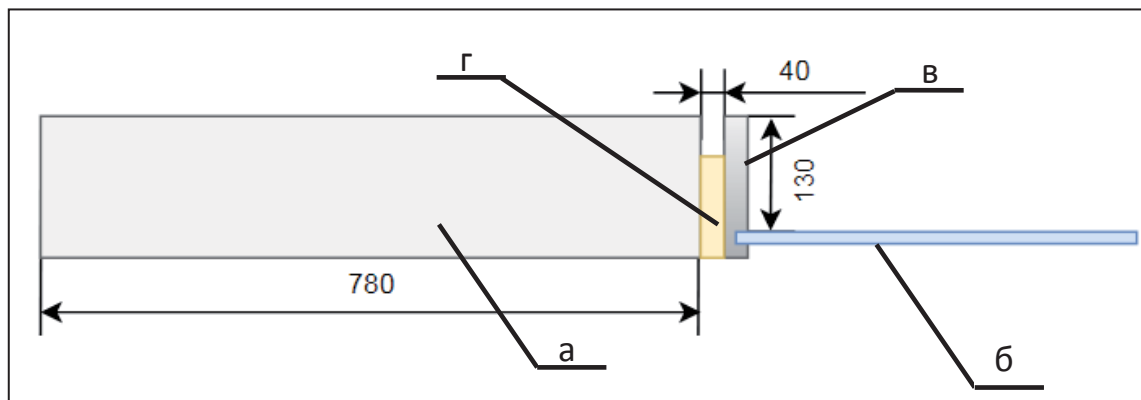


Рис. 3.2.18. Схема узла исследуемого фрагмента. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм., без утеплителя наружной поверхности: а - стена; б – стеклопакет; в - оконный профиль; г - дефект пенного шва; д - утеплитель.

Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата

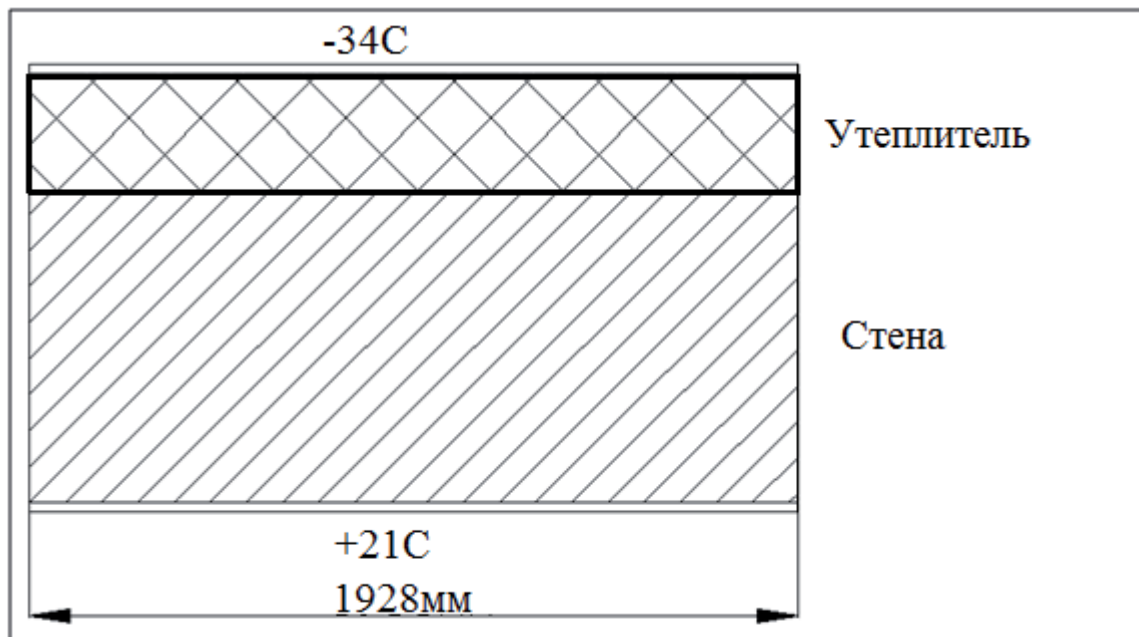


Рис. 3.2.19. Разрез стены.

Данные по результатам проведенного исследования представлены в таблице 5. Зависимость тепловых потерь от толщины утеплителя представлена на Рис. 3.2.20.

Таблица 5. Сводная таблица результатов

№	Эксперимент	Мощность теплового потока через стену с узлом, Вт/м	Условная мощность теплового потока, Вт/м	Мощность теплового потока через узел откоса, Вт/м	Разность температур, °С	Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, Вт/(м·°С)
1	Без дефекта, без утепления	98,7(л)	92,7	6	55	0,109
2	Без дефекта, с утеплением 50 мм	36,3(л)	29,8	6,5	55	0,1181
3	Без дефекта, с утеплением 100 мм	22,4(л)	17,8	4,6	55	0,084
4	Дефект кладки, без утепления	107,8(л)	92,7	15,1	55	0,274
5	Дефект кладки, с утеплением 50 мм	35,9(Е)	29,8	7,5	55	0,136
6	Дефект кладки, с утеплением 100 мм	22,1(Е)	17,8	4,8	55	0,087
7	Дефект в пенном шве, без утепления	99,1(Е)	92,7	10,3	55	0,187
8	Дефект в пенном шве, с утеплением 50 мм	37,4(Е)	29,8	8,6	55	0,156
9	Дефект в пенном шве с утеплением	23,4(Е)	17,8	6	55	0,109

	100 мм					
10	Дефект кладки и пенном шве, без утепления	112,6(л)	92,7	19,9	55	0,362
11	Дефект кладки и пенном шве, с утеплением 50 мм	40(л)	29,8	10,2	55	0,185
12	Дефект кладки и пенном шве, с утеплением 100 мм	25,3(л)	17,8	7,5	55	0,136

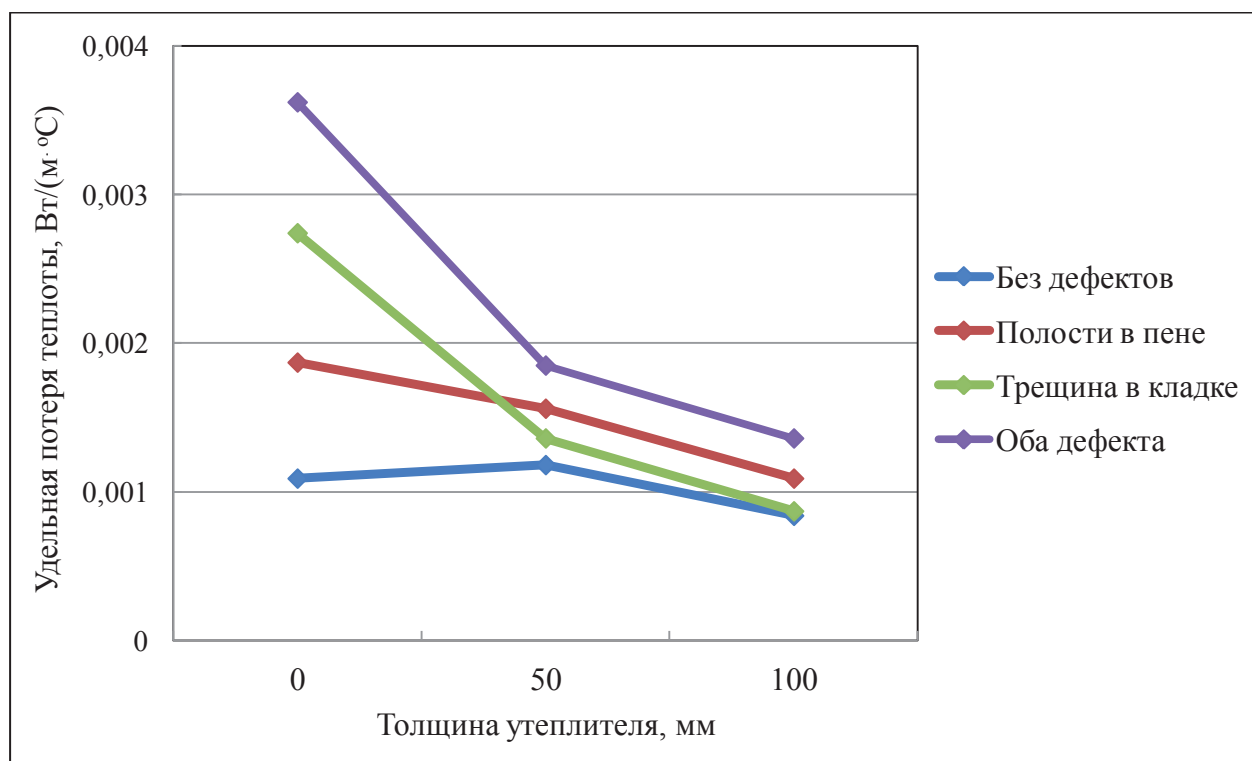


Рис. 3.2.20. График зависимости тепловых потерь от толщины утеплителя.

При этом дополнительные потери теплоты возрастают с увеличением толщины утепления за счет изменения картины температурных полей в зоне оконного откоса и увеличения площади поверхности теплоотдачи в зоне отрицательных температур.

### 3.3. Сравнение результатов исследований

Для проверки достоверности данных, полученных при моделировании в «ELCUT» было проведено сравнение с данными полученными в ходе лабораторного эксперимента. Результаты проверки представлены в таблице 6

Таблица 6. Сравнение результатов исследований

Дефект	Значение «Elcut»	Значение лабораторного эксперимента	Расхождение, %
Без дефектов, без утеплителя	95,8	98,7	2,93
Без дефектов, утепление 50 мм	35,1	36,6	4,09
Без дефектов, утепление 100 мм	21,8	22,4	2,67
Дефект в кладке, утепление 0 мм.	103,6	107,8	3,9
Дефект в кладке, утепление 50 мм.	35,9	-	-
Дефект в кладке, утепление 100 мм.	22,1	-	-
Дефект в пене, утепление 0 мм.	99,1	-	-
Дефект в пене, утепление 50 мм.	37,4	-	-
Дефект в пене, утепление 100 мм.	23,4	-	-
Дефект в кладке и пенном шве, утепление 0 мм.	108,2	112,6	3,9
Дефект в кладке и пенном шве, утепление 50 мм.	39,1	40	2,25
Дефект в кладке и пенном шве, утепление 100 мм.	24,7	25,3	2,37

Расхождение составило не более 5 % из чего можно сделать, что вывод результаты моделирования и достоверны.

### 3.4 Совместное влияние дефектов на тепловые потери

Графики зависимости тепловых потерь от наличия дефекта представлены на Рис. 3.4.1, Рис. 3.4.2., Рис. 3.4.3:

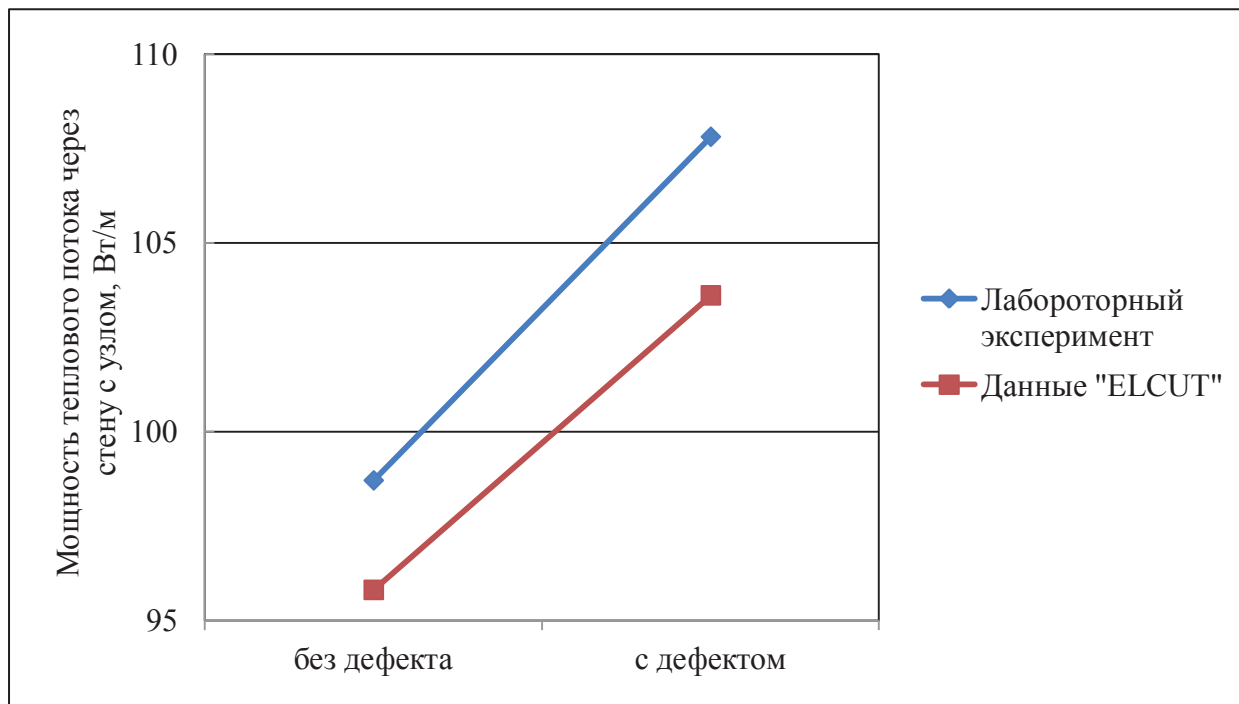


Рис. 3.4.1. с дефектом кладки. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.

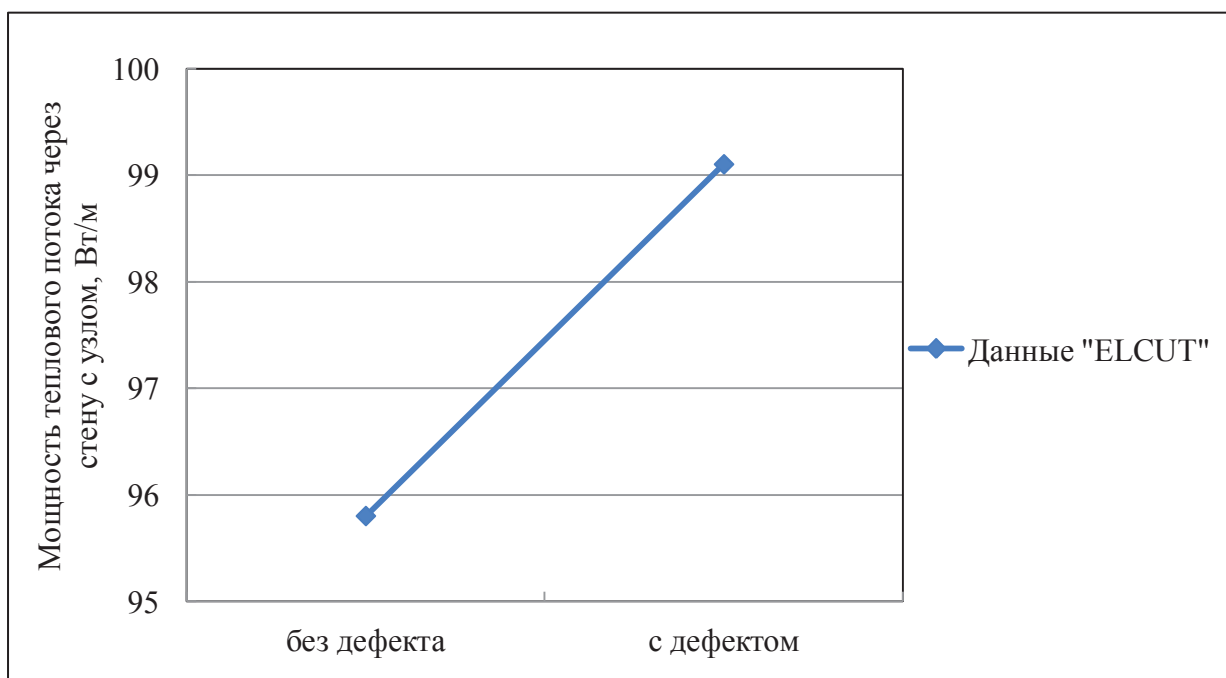


Рис. 3.4.2. с дефектом пенного шва. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм.

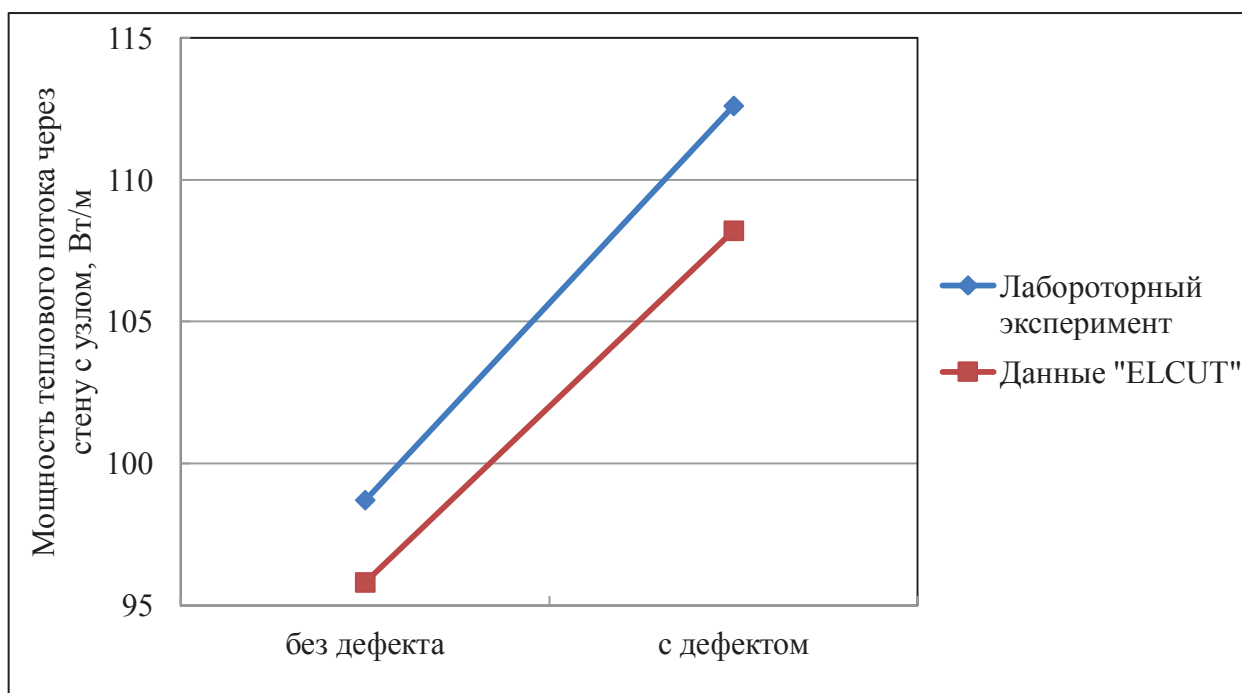


Рис. 3.4.3. оба дефекта. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм.

### 3.5. Исследования совместного влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности гражданских зданий

Для определения совместного влияния факторов на уровень теплозащиты фрагмента ограждающей конструкции проводится эксперимент с использованием компьютерного имитационного моделирования. Данный эксперимент реализуется по специальному плану, в качестве функции отклика используется значение удельных потерь теплоты через узел оконного откоса.

Изучение всех возможных сочетаний исследуемых факторов производится с помощью полного факторного эксперимента. Каждый исследуемый фактор имеет 2 уровня, поэтому количество опытов полного факторного эксперимента будет определяться по формуле:  $N = 2^l$ , где  $l$  – количество факторов.



Так как при количестве факторов  $l=3$ , то количество опытов составит  $N=8$ .

Для детального описания функции отклика был проведен двухуровневый полный факторный эксперимент с использованием полинома первой степени:

$$y(k) = b_0 + \sum b_i \cdot x_i + \sum b_{ij} \cdot x_{ij} + \sum b_{ijk} \cdot x_{ijk},$$

где  $y(k)$  – функция отклика;  $b_i$  – линейный коэффициент;  $b_{ij}$  – коэффициент двойного взаимодействия;  $b_{ijk}$  – коэффициент тройного взаимодействия;  $x_i$  – кодированное значение фактора.

Экспериментальное исследование коэффициента совместного влияния значимых факторов на теплозащиту оконного откоса проводилось с помощью ПК «ELCUT». Значение коэффициента совместного влияния значимых факторов, предсказанное по модели, а так же значения линейных коэффициентов и коэффициентов двойного и тройного взаимодействия, определялись методом наименьших квадратов.

Результаты моделирования в «ELCUT» приведены в табл. 5.

Далее осуществлялась статистическая оценка результатов, включающая в себя проверку значимости всех коэффициентов.

При ортогональном планировании значимость коэффициентов модели оценивается путем сравнения абсолютной величины коэффициента с его доверительным интервалом:

$$|\hat{b}_i| \geq t_{1-\alpha, f} \cdot S_{bi}, \quad (1)$$

где  $\hat{b}_i$  – абсолютная величина  $i$ -го коэффициента уравнения регрессии;  $t_{1-\alpha, f}$  – критерий Стьюдента, принимаемый в зависимости от уровня значимости ( $\alpha$ ) и числа степеней свободы ( $f=N-1$ ) при определении остаточной дисперсии;  $S_{bi}$  – среднее квадратичное отклонение  $i$ -ого коэффициента уравнение регрессии.

$$S_{bi}^2 = S_{OCT}^2 / N, \quad (2)$$

где  $S_{OCT}^2$  – остаточная дисперсия;  $N$  – число опытов.

$$S_{OCT}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \hat{y}_j)^2}{N-l}, \quad (3)$$

где  $\tilde{y}_j$  - экспериментальное (наблюдаемое) значение выходной переменной;  $\hat{y}_j$  - значение выходной переменной, рассчитанное по модели;  $N$  - число опытов;  $l$  - число действительных коэффициентов.

При отсутствии параллельных опытов и дисперсии воспроизводимости качество аппроксимации принятым уравнением регрессии можно оценить, сравнив остаточную дисперсию  $S_{OCT}^2$  и дисперсию относительно среднего  $S_y^2$  по критерию Фишера, который в данном случае показывает, во сколько раз уменьшается рассеяние относительно полученного уравнения регрессии по сравнению с рассеянием относительно среднего:

$$F = \frac{S_y^2(f_1)}{S_{OCT}^2(f_2)} \quad (4)$$

где  $S_y^2$  - дисперсия относительно среднего с числом степеней свободы  $f_1=N-l$ ; где  $S_{OCT}^2$  - остаточная дисперсия с числом степеней свободы  $f_2=N-l$ .

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\tilde{y}_j - \bar{y}_j)^2}{N-l}, \quad (5)$$

где  $\tilde{y}_j$  - экспериментальное (наблюдаемое) значение выходной переменной;  $\bar{y}_j = \sum_{j=1}^N \tilde{y}_j / N$  - среднее экспериментальное (наблюдаемое) значение выходной переменной;  $N$  - число опытов.

Чем больше  $F$  превышает табличное значение  $F_{1-p,(f_1,f_2)}$  для выбранного уровня значимости  $p$  и чисел степеней свободы  $f_1$  и  $f_2$ , тем эффективнее уравнение регрессии.

Статистическая обработка результатов полного факторного эксперимента производилась по формулам

$$S_{OCT}^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\xi_j - \hat{y}_j)^2}{N-1} = \frac{0,022}{8-7} = 0,022$$

$$S_{bi}^2 = S_{OCT}^2 / N = 0,022 / 8 = 0,00275$$

$$S_{bi} = \sqrt{S_{bi}^2} = \sqrt{0,00275} = 0,05244$$

Уровень значимости был принят  $\alpha=0,05$ , число степеней свободы  $f=N-l=8-7=1$ . Значит,  $t_{1-\alpha,f} = t_{0,95,1}=2,074$ .

$$|\hat{b}_i| \geq t_{1-\alpha,f} \cdot S_{bi} = 2,074 \cdot 0,05244 = 0,1088$$

В таблице 7 представлены результаты проверки значимости коэффициентов.

Таблица 7. Результаты проверки значимости коэффициентов модели

№	Обозначение	$\hat{b}_i$	Значимость
1	$b_0$	0,122	Да
2	$b_1$	-0,0411	Да
3	$b_2$	0,0354	Да
4	$b_3$	0,0208	Да
5	$b_4$	-0,0416	Да
6	$b_5$	-0,0153	Да
7	$b_6$	-0,00175	Да
8	$b_7$	-0,00748	Да

$$S_y^2 = \frac{\sum_{j=1}^N (\xi_j - \bar{y}_j)^2}{N-1} = \frac{0,0432}{7} = 0,00617$$

Уровень значимости был принят  $\alpha=0,05$ ; число степеней свободы  $f_1=N-l=8-1=7$ ;  $f_2=N-l=8-7=1$ . Значит,  $F_{1-\alpha, f_1, f_2} = F_{0,95, 7, 1} = 0,8892$

$$F = \frac{S_y^2(f_1)}{S_{OCT}^2(f_2)} = \frac{0,00617}{0,022} = 0,28 > F_{1-\alpha, f_1, f_2} = F_{0,95, 7, 1} = 0,8892$$

Таким образом, модель адекватно описывает исследуемый процесс.

Дополнительно были рассмотрены и другие модели. Удовлетворительную адекватность показала рассмотренная первоначально модель, которая является и более удобной для практического применения.

По результатам проверки значимости коэффициентов уравнения регрессии из сорока двух коэффициентов модели двадцать один оказался значимым. Модель приняла следующий вид:

$$y(k) = b_0 + b_1 \cdot x_1 + b_2 \cdot x_2 + b_3 \cdot x_3 + b_4 \cdot x_1 \cdot x_2 + b_5 \cdot x_1 \cdot x_3 + b_6 \cdot x_2 \cdot x_3 + b_7 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 \quad (6)$$

Поставив в модель численные значения линейных коэффициентов существенных факторов и коэффициентов, характеризующих их взаимодействия, получен окончательный вид модели учета совместного влияния значимых факторов на теплозащитные свойства оконного откоса:

$$y(k) = 0,122 - 0,0411 \cdot x_1 + 0,354 \cdot x_2 + 0,02084 \cdot x_3 - 0,0416 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,0153 \cdot x_1 \cdot x_3 - 0,00175 \cdot x_2 \cdot x_3 - 0,00748 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3$$

$x_1$  – толщина утепления

$x_2$  – дефект кладки

$x_3$  – дефект в пенном шве

При этом в уравнение подставляются кодированные значение факторов, определяемые по формуле:

$$X_i = \frac{\hat{X}_i - (\hat{X}_{i \max} + \hat{X}_{i \min}) / 2}{(\hat{X}_{i \max} - \hat{X}_{i \min}) / 2},$$

где  $X_i$  – кодированное значение  $i$ -ого фактора;  $\hat{X}_i$  - текущее натуральное значение  $i$ -ого фактора;  $\hat{X}_{i_{\max}}$  - максимальное натуральное значение  $i$ -ого фактора;  $\hat{X}_{i_{\min}}$  - минимальное натуральное значение  $i$ -ого фактора.

Выводы по главе.

Моделирование процесса тепловых потерь проведенное с помощью программы «ELCUT» подтверждается результатами лабораторных исследований, что позволяет использовать эту программу при исследовании теплозащиты ограждающих конструкций в зоне оконного откоса.

Было определено влияния дефектов устройства ограждающих конструкций в зоне оконного откоса на параметры энергоэффективности гражданских зданий. Влияние дефекта кладки до 8,1 %, влияние дефекта пены до 7,3 %, влияние обоих дефектов до 13,3 % на тепловые потери.

#### 4. Экономический анализ

Согласно полученным в работе результатам видно, что некоторое влияние на тепловые потери через узел оконного откоса оказывают выделенные нами факторы и дефекты устройства светопрозрачных конструкций. Сводные данные по затратам тепловой энергии представлены в таблице 8.

Теплопотери через узел оконного откоса ( $Q$ ) за отопительный период, находятся по формуле (7)

$$\text{---} \quad (7)$$

Примечания:

$t_{\text{вн}}$  – температура внутреннего воздуха;

$t_{\text{от.п.}}$  – средняя температура отопительного периода (для г. Челябинск, согласно СП 131.13330.2012, - 6,5С [53]);

$\Delta \Psi$  – Разница удельных теплопотерь между граничными значениями каждого фактора, Вт/(м\*С);

$T$  – Продолжительность отопительного периода в часах, находится по формуле (8):

(8)

где – Отопительный период в сутках, для Челябинска равный 218 суткам

Таблица 8. Сводная таблица по затратам.

№ п/п	Стоимость Руб/Гкал	$\Delta \Psi$ , Вт/(м*С)	T, час	Разница температур вн и наруж воздуха	Q, МВт час / год	Потери калорий за год, Гкал/год	B, руб
1	1197,5	0,165	5232	21-(-6.5)=27.5	0,0237402	0,020427	24,4608
2		0,0179		27,5	0,002575452	0,002216	2,653627
3		0,003			0,00043164	0,000371	0,444742
4		0,078			0,01122264	0,009656	11,56329
5		0,0379			0,005453052	0,004692	5,618572
6		0,025			0,003597	0,003095	3,706182
7		0,253			0,03640164	0,031321	37,50657
8		0,0669			0,009625572	0,008282	9,917744
9		0,052			0,00748176	0,006437	7,708859

Примечания:

$B$  – Затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откоса.

№1. С дефектом в кладке и без утеплителя. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.

№2. С дефектом в кладке, утепление 50 мм. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.

№3. С дефектом в кладке, утепление 100 мм. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.

№4. С дефектом в пенном шве и без утеплителя. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм

№5. С дефектом в пенном шве, утепление 50мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм

№6. С дефектом в пенном шве, утепление 100 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм

№7. С дефектом в кладке и пенном шве без утеплителя. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм.

№8. С дефектом в кладке и пенном шве утеплитель 50мм. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм

№9. С дефектом в кладке и пенном шве утеплитель 100мм. Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		89

80x30x140 мм.

Применим данный расчет к уже построенному и введенному в эксплуатацию жилому дому по ул. Труда 156в (микрорайон Западный луч).

Количество этажей - 25, количество окон - 960шт, длина оконных откосов всех окон - 5952м/п. Ранее в своей работе Русанов А.Е.[54] определил, что дефектность на строительной площадке находится в диапазоне 35-45%.

Таким образом, получаем следующие значения потерь энергии. Данные представлены в таблице 9:

Таблица 9. Сводная таблица по затратам за год.

№ п/п	Стоимость Руб/Гкал	Q, МВт час / год	Потери калорий за год, Гкал/год	В, руб	С, руб
1	1197,5	0,0237402	0,020427	24,46	65506,02
2		0,002575452	0,002216	2,65	7106,413
3		0,00043164	0,000371	0,44	1191,019
4		0,01122264	0,009656	11,56	30966,49
5		0,005453052	0,004692	5,61	15046,54
6		0,003597	0,003095	3,70	9925,155
7		0,03640164	0,031321	37,50	100442,6
8		0,009625572	0,008282	9,91	26559,72
9		0,00748176	0,006437	7,70	20644,32

Примечания:

В – затраты за год на отопление энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откоса; С – затраты за год на отопление энергии, потерянной зданием при условии дефектности 45%.

Из полученных данных следует, что при условии 45% дефектности в здании, затраты на отопление увеличены в связи с наличием дефектов в кладке, пенном шве и особенно при совместном их влиянии на 65506,02 руб., 30966,49 руб. и 100442,6 руб. соответственно. Данные представлены на рис. 4.1.



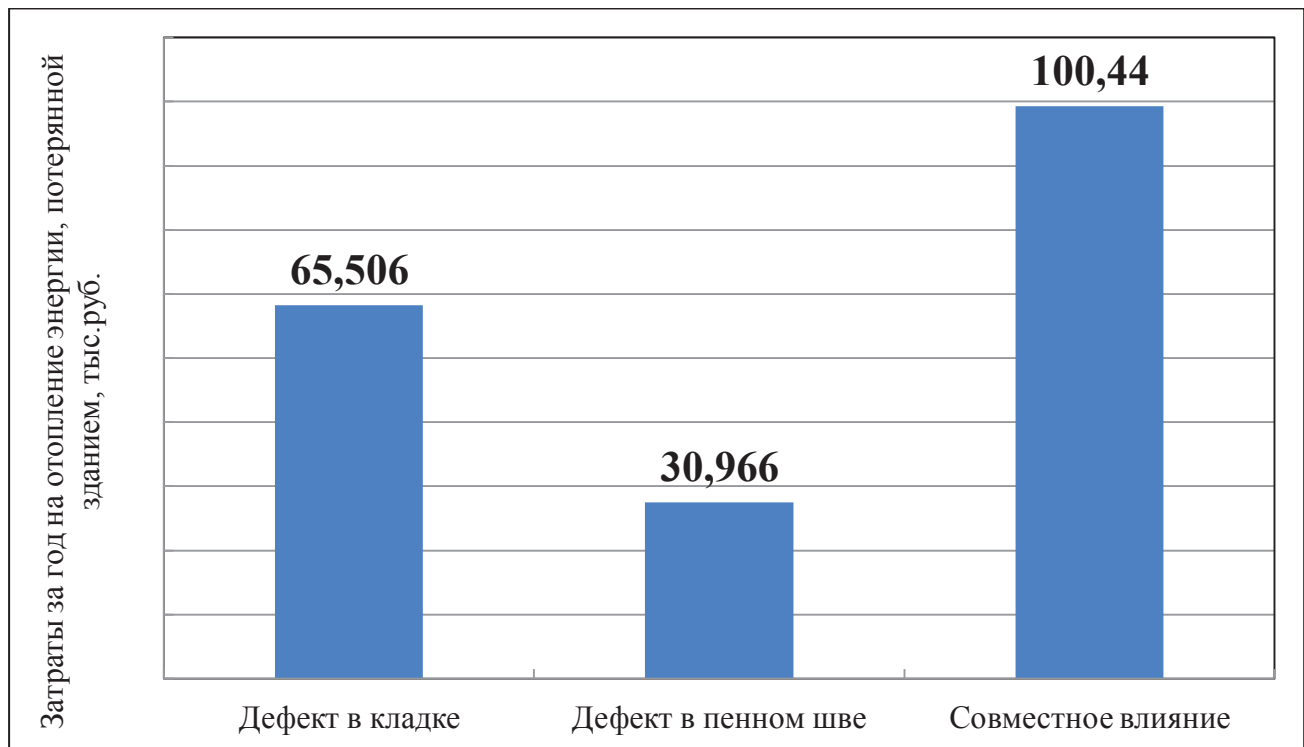


Рис.4.1. Затраты на отопление в год при различных дефектах.

В большинстве случаев величина удельных теплопотерь через оконной откос при изменении значений факторов с минимального до максимального увеличивается, а следовательно возрастают затраты за отопительный период на отопление. Из-за энергии, потерянной каждым погонным метром оконного откоса.

## 5. Выводы по результатам исследования

В соответствии с результатами сравнения данных лабораторного исследования и компьютерного моделирования в программе «ELCUT».

Максимальное значение расхождения составило от 1,68 до 3,9% . Таким образом, можно сделать вывод об адекватности использования компьютерного имитационного моделирования в данном исследовании.

По результатам моделирования и анализа влияния факторов на теплопередачу через узел оконного откоса, получены следующие выводы:

1. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектом в кладке (расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.), без утепления наружной стены увеличились на 8,1 %;
2. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектом в кладке (расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.), утеплитель 50мм. увеличились на 2,3 %;
3. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектом в кладке (расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм.), утеплитель 100мм. увеличились на 1,4 %;
4. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектом в пенном шве (Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм), без утепления наружной стены увеличились на 3,4%;
5. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектом в пенном шве (Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм), утеплитель 50 мм увеличились на 6,6%;

					<i>АСИ392</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		92

6. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектом в пенном шве (Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм), утеплитель 100 мм увеличились на 7,3%;
7. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектами в кладке и пенном шве (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм), без утепления наружной стены увеличились на 12,9%;
8. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектами в кладке и пенном шве (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм), утеплитель 50мм увеличились на 11,4%;
9. Удельные потери теплоты через узел оконного откоса, с дефектами в кладке и пенном шве (Расхождение граней в стыке между блоками, с разрушением связующего клеевого состава, прямоугольной формы, толщиной 10 мм, высота 140 мм, глубина 190 мм. Наличие в пенном шве пустот в количестве 2шт, габаритными размерами 80x30x140 мм), утеплитель 100мм увеличились на 13,3%.

При увеличении толщины утеплителя тепловой поток, проходящий через узел оконного откоса, уменьшается так же, как и тепловой поток, проходящий через однородную конструкцию. При этом дополнительные потери теплоты возрастают с увеличением толщины утепления за счет изменения картины температурных полей в зоне оконного откоса и увеличения площади поверхности теплоотдачи в зоне отрицательных температур.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		93

По результатам моделирования и анализа совместного влияния факторов на теплопередачу через узел оконного откоса, делаем вывод, что изменение толщины утеплителя стены оказывает влияние на удельные потери теплоты и изменяет величину сопротивления теплопередачи.

Чем больше толщина утеплителя тем, тем меньше мощность теплового потока проходящего через стену с узлом. При использовании утеплителя и последующим его увеличении до 100мм толщины, мощность теплового потока при дефекте в кладке снижается со 107,8 Вт/м до 35,9 Вт/м и 22,1 Вт/м соответственно или на 79%.

На сегодняшний день вопрос энергоэффективности наиболее актуален, так как согласно Федеральному закону от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ [47] и постановлению Правительства РФ от 25 января 2011 г. № 18 [52] после установления базового уровня требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений требования энергетической эффективности должны предусматривать уменьшение показателей, характеризующих годовую удельную величину расхода энергетических ресурсов в здании, строении, сооружении, не реже 1 раза в 5 лет: с января 2011 г. (на период 2011-2015 годов) - не менее чем на 15% по отношению к базовому уровню, с 1 января 2016 г. (на период 2016-2020 годов) - не менее чем на 30% по отношению к базовому уровню и с 1 января 2020 г. - не менее чем на 40% по отношению к базовому уровню.

На II этапе необходимо добиться снижения удельных величин потребления энергетических ресурсов до 30% и тут не обойтись простой установкой приборов учета и прочей обще домовый автоматики. Для достижения этого результата, необходимо придерживаться действующих нормативно правовых актов и разработанных рекомендаций. Заинтересованные стороны: проектировщик, строитель, заказчик, управляющая компания.

### 1. Рекомендации для проектировщика.

При анализе влияния конструктивного решения стены, а именно способа ее утепления, на тепловые потери - выделены 3 типовых варианта, показавшие наиболее высокие тепловые характеристики. Это варианты оконных откосов с утеплителем. Рекомендую Это обращать особое внимание на узел оконного откоса при проектировании, а так же необходимо предусматривать дополнительное утепление откоса или устройство термовкладыша.

Выполняя теплотехнический расчет согласно СП-50.13330.2012 . «Тепловая защита зданий»[48] учитывать теплопроводные включения, а так же предусматривать их устранение.

### 2. Рекомендации для строителя.

При возведении здания, установить контроль над соответствием герметизации пенного шва по ГОСТ 30971. Категорически не допускать перерывов в пенном шве, а также обеспечивать наличие защитного слоя с уличной стороны в виде специальных нащельников.

Обеспечивать обязательное наличие в узле оконного откоса уплотнительной ленты, для отвода влаги от пенного шва, типа ПСУЛ. Так как попадание и задержка влаги внутри монтажной пены снижает сопротивление теплопередачи монтажного шва.

При операционном контроле следить за тем, что бы горизонтальные и вертикальные швы в кладке были полностью заполнены клеевым составом. Не допускать возникновения возможных мостиков холода в швах. Проверять ровность кладки, а так же примыкание плит утеплителя на наличие зазоров. При наличии 2 или более слоев утеплителя следить, что бы укладка швов была в разбежку.

### 3. Рекомендации для заказчика.

Применять данные полученные в результате этого исследования, для контроля над застройщиком. Обратить повышенное внимание на зоны оконных откосов, как на этапе проектирования, так и на этапе постройки здания.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		95

Используя полученную в ходе исследования модель формулы, для вычисления влияния факторов, оценивать удельные потери теплоты и возможные затраты.

#### 4. Рекомендации для управляющей компании.

Усилить контроль при проведении плановых осмотров зданий. Проводить осмотр оконных конструкций, особенно в зоне оконного откоса. Не допускать промерзания зон откосов и оконных коробок. При обнаружении таких зон, в кратчайшие сроки произвести утепление и герметизацию этих мест.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		96

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В ходе работы были выполнены задачи по исследованию влияния дефектов на параметры энергоэффективности ограждающих конструкций в зоне оконного откоса с определением взаимного влияния этих факторов с помощью математического моделирования, проведено сравнение мощности теплового потока проходящего через стену с узлом, сделаны выводы о влиянии факторов и дефектов и представлена оценка экономического эффекта разработаны рекомендации для всех заинтересованных сторон.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		97

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Беляев, В.С. Энергоэффективность и теплозащита зданий: учеб. пособие для вузов по специальности 270102 «Пром. и гражд. строю» / В.С. Беляев, Ю.Г. Граник, Ю.А. Матросов. – М.: Издательство Ассоциации строительных вузов, 2012. – 396 с.;

2. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика (теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха) / В.Н. Богословский. – СПб.: АВОК Северо-Запад, 2006. – 399 с. ;

3. Гагарин, В.Г. Продольная фильтрация воздуха в современных ограждающих конструкциях / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, И.А. Мехнецов // АВОК. – 2005. – № 8. – С. 60-74;

4. Гагарин, В.Г. Теплозащита фасадов с вентилируемым воздушным зазором. Часть 1. / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, Е.Ю. Цыкановский // АВОК. – 2004. – № 2. – С. 20-28;

5. Гурьянов, Н.С. Оценка и обеспечение тепловой надежности наружных стен эксплуатируемых зданий: дис. к-та. техн. наук: 05.23.03 / Николай Сергеевич Гурьянов. – Нижний Новгород, 2003. – 243 с.;

6. Лавров: Россия лидирует в мире по снижению выбросов парниковых газов; 70-я сессия Генеральной Ассамблеи ООН [Электронный ресурс] // РИА Новости. – 2015. – Режим доступа: <http://ria.ru/earth/20150927/1285988505.html> (дата обращения: 30.11.2016);

7. Ливчак, В.И. Европейская тенденция повышения теплозащиты зданий: как она реализована в России / В.И. Ливчак // АВОК. – 2011. – № 6. – С. 64-72;

8. Ливчак, В.И. К вопросу о точности определения расхода теплоты на отопление жилых и общественных зданий / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2008. – № 5. – С. 8-14;

9. Ливчак, В.И. Энергетический паспорт проекта здания – инструмент повышения его энергоэффективности / В.И. Ливчак // Энергосбережение. – 2010. – № 8. – С. 38-44;

					<i>АСИ392</i>	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		98



10. Матросов, Ю.А. Сравнительный анализ новых территориальных норм России по энергетической эффективности жилых зданий и нового постановления Германии / Ю.А. Матросов // Энергосбережение. – 2002. – № 3. – С. 40-44;

11. Табунщиков, Ю.А. Российская концепция нормирования энергоэффективности зданий и сооружений / Ю.А. Табунщиков, С.В. Пугачев, А.Л. Наумов, Е.Н. Фадеева // АВОК. – 2011. – № 8. – С. 4-16;

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

13. Akbari, H. Shade trees reduce building energy use and CO2 emissions from power plants / H. Akbari // Magazine Environmental Pollution. – 2002. – № 116. – PP. 119–126;

14. Austin, David. Addressing Market Barriers to Energy Efficiency in Buildings / David Austin. – Washington: Working Paper Series Congressional Budget Office, 2012. – 32 p. ;

15. Афанасьев, В.А. Поточная организация строительства / В.А. Афанасьев. – Л.: Стройиздат Ленинград.отд-ние, 1990. – 302 с. ;

16. Байбурин, А.Х. Комплексная оценка качества возведения гражданских зданий с учетом факторов, влияющих на их безопасность :дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.08 / Байбурин Альберт Халитович. – Санкт-Петербург, 2012. – 408с;

17. Байбурин, А.Х. Качество и безопасность строительных технологий / А.Х. Байбурин, С.Г. Головнев. – Челябинск: Изд-во ЮУрГУ, 2006. – 453 с. ;

18. Мазур, И.И. Управление качеством: учебное пособие / И.И. Мазур, В.Д. Шапиро. – М.: РИА «ОМЕГА», 2010. – 399 с. ;

19. Монфред, Ю.Б. Организация, планирование и управление предприятиями стройиндустрии / Ю.Б. Монфред, Б.В. Прыкин. – М.: Стройиздат, 1989. – 508 с. ;

20. Крайнов, Д.В. Расчет дополнительных тепловпотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла

- оконного откоса) / Д.В. Крайнов, И.Ш. Сафин, А.С. Любимцев // Инженерно-строительный журнал. – 2010. – № 6 (16). – С.17-22;
21. Краснопольский, Б.И. Моделирование естественной конвекции сжимаемого газа в тонком вертикальном слое в приложении к исследованию теплофизических свойств стеклопакетов : [Электронный ресурс] / Б.И. Краснопольский, А.Г. Чесноков, С.А. Чесноков. – Режим доступа:  
[http://glassinfo.ru/articles/2007\\_07\\_modelirovanie\\_konvekci\\_gaza\\_v\\_tonkom\\_sloe\\_k\\_issledovaniu\\_steklopaketov.pdf](http://glassinfo.ru/articles/2007_07_modelirovanie_konvekci_gaza_v_tonkom_sloe_k_issledovaniu_steklopaketov.pdf) (дата обращения: 30.11.2016) ;
22. Харламов, Д.А. Температурный режим стеклопакетов в краевых зонах / Д.А. Харламов // Окна и двери. – 2008. – № 2 (128). – С. 37-41;
23. Consumer's Guide. To Buying Energy-Efficient Windows and Doors / Office of Energy Efficiency (OEE). – Ottawa: OEE, 1998. – 48 p. ;
24. Low-E Glass—Why the Coating Is Where It Is // Energy Design Update. – March 1990. – PP. 5–7;
25. Lingnell, William/ An Introduction to Insulating Glass / William Lingnell. – [S. l.] : Insulating Glass Manufacturers Alliance, 2010. – 47 p. ;
26. Through the Glass Darkly / P.J. Skerrett // Popular Science. – July 1993. – PP. 80–87;
27. ГОСТ 24297-2013.Верификация закупленной продукции. Организация проведения и методы контроля. – Взамен ГОСТ 24297-87; введ. в действие 2014-01-01. – М.: Стандартинформ, 2014. – 16 с. ;
28. ГОСТ 25380-82. Здания и сооружения. Метод измерения тепловых потоков, проходящих через ограждение конструкции. – Введ. 1983-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1982. – 12 с. ;
29. ГОСТ 26254-84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций. – Утратил силу. – М.: Издательство стандартов, 1994. – 27с. ;

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		100

30. ГОСТ 26602.1-99. Блоки оконные и дверные. Методы определения сопротивления теплопередаче. – Введ. 2000-01-01. – М.: МНТКС, 2000. – 32с. ;

31. ГОСТ 26629-85. Здания и сооружения. Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. – Введ 1986-07-01. – М.: Издательство стандартов, 1986. – 16 с. ;

32. ГОСТ 30256-94. Материалы и изделия строительные теплоизоляционные. Метод определения теплопроводности цилиндрическим зондом. – Введ. 1996-01-01. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 20 с. ;

33. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Взамен ГОСТ 30494-96. – Введ. 2013-01-01. – М.: Стандартиформ, 2013. – 16 с. ;

34. ГОСТ 30494-96. Здания жилые и общественные параметры микроклимата в помещениях. – Отменён 2013-01-01. – М.: МНТКС, 1999. – 17с;

35. ГОСТ 30971-2012. Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия. – Введ. 2014-01-01. – М.: Стандартформ, 2014. – 48с. ;

36. ГОСТ 31166-2003. Конструкции ограждающие зданий и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередачи. – Введ. 2003-07-01. – М. : Госстрой России, ГУП ЦПП, 2003. – 23 с. ;

37. ГОСТ Р 51387-1999. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение. Основные положения. – Введ. 2000-07-01. – М.: Стандартиформ, 2008. – 20 с. ;

38. ГОСТ Р 51541-1999. Энергосбережение. Энергетическая эффективность. Состав показателей. Общие положения. – Введ. 2000-07-01. – М.: Издательство стандартов, 2004. – 12 с. ;

39. Федеральный закон «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» № 384 –ФЗ :[Принят Государственной Думой 23 декабря 2009 года. Одобрен Советом Федерации 25 декабря 2009 года]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2010. – № 1. – ст. 5 ;

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		101

40. Федеральный закон от 22 июля 2008 года № 123. «Технический Регламент о требованиях пожарной безопасности» :[Принят Государственной Думой 4 июля 2008 года. Одобрен Советом Федерации 11 июля 2008 года]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2008. – № 30. – ст. 3579;

41. Федеральный закон от 27 декабря 2002 года «О техническом регулировании» № 184 – ФЗ :[Принят Государственной Думой 15 декабря 2002 года. Одобрен Советом Федерации 18 декабря 2002 года.: по состоянию на 28 сентября 2010 года]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2010. – № 40. – ст. 4969;

42. Council Directive 93/76 EEC of 13 September 1993 to limit carbon dioxide emission by improving energy efficiency (SAVE). – [S. 1.] : Official Journal, 1993. – L237. – PP. 28-30;

43. Рыбаков М.М. Оценка качества МОНТАЖА светопрозрачных конструкций гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности. Автореферат / М.М. Рыбаков// ЧЕЛЯБИНСК.-2017.-25;

44. 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. / ЮУрГУ. – Челябинск, 2015. – С. 108-115;

45. Рыбаков М.М. Краевые зоны при устройстве светопрозрачных фасадов // Наука ЮУрГУ. Секции технических наук: материалы 67-й научной конференции. / ЮУрГУ. – Челябинск, 2015. – С. 249-256;

46. Рыбаков М.М., Русанов А.Е. Метод определения удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность с помощью программного комплекса для моделирования двумерных полей (на примере ПК ELCUT) // Строительство и экология: теория, практика, инновации: Сборник докладов I Международной научно-практической конференции. / ЮУрГУ. – Челябинск, 2015. – С. 137-140;

47. Федеральный закон «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» № 261 –ФЗ :[Принят Государственной Думой 11 ноября 2009 года. Одобрен Советом Федерации ноября 2009 года]. – Собрание законодательства Российской Федерации, 2009. – № 48. – ст. 5711;

48. СП 50.13330.2012 Свод правил по проектированию и строительству: Тепловая защита зданий. – Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Введ. 2013-07-01. – М. : Аналитик, 2012 – 100 с. ;

49. СП 230.1325800.2015. Свод правил по проектированию и строительству: Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей. – Введ. 2015-04-30. – М.: Министерство строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, 2015 – 72с. ;

50. СП 23-101-2004. Свод правил по проектированию и строительству: Проектирование тепловой защиты зданий. – Взамен СП 23-101-2000. – Введ. 2004-06-01. – М.: ФГУП ЦПП, 2005 – 139 с. ;

51. Российская Федерация. Правительство. Об утверждении Правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов: постановление Правительства Рос. Федерации от 25 января 2011 г. № 18 // Собрание законодательства РФ. – 2011. – № 5. – Ст. 742. ;

52. О порядке проведения строительного контроля при осуществлении строительства, реконструкции и капитального ремонта объектов капитального строительства: [постановление Правительства Российской Федерации от 21 июня 2010 г. № 468]. – Российская Бизнес-газета, 2010. – 27 июля. – № 760. ;

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		103

53. СП 131.13330.2012. Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23-01-99\* (с Изменением N 2). – Введ. 2013.01.01. – М.: ФГУП ЦПП, 2005 – 139 с. ;

54. Русанов А.Е. Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности. Автореферат / А.Е. Русанов// Санкт - Петербург.-2015.-22.

					<i>АСИ392</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подпись</i>	<i>Дата</i>		104