

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
«ЮЖНО-УРАЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ  
(национальный исследовательский университет)»  
Институт «Архитектурно-строительный»  
Кафедра «Строительное производство и теория сооружений»

РАБОТА ПРОВЕРЕНА

Рецензент, \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_ (должность)  
\_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ

Заведующий кафедрой  
\_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ПРОЕКТИРОВАНИЯ И ФАКТИЧЕСКОГО  
ПОДТВЕРЖДЕНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЗДАНИЙ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА  
К ВЫПУСКНОЙ КВАЛИФИКАЦИОННОЙ РАБОТЕ  
ЮУрГУ–08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР

Руководитель работы,

\_\_\_\_\_  
(должность) \_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Автор работы  
студент группы  
Коробков Роман Олегович  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Нормоконтролер,

\_\_\_\_\_  
(должность) \_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)  
\_\_\_\_\_ 2019 г.

Антиплагиат,

\_\_\_\_\_  
(должность) \_\_\_\_\_ (И.О. Ф.)  
\_\_\_\_\_ 2018 г.

## АННОТАЦИЯ

Коробков Р.О.

Выпускная квалификационная работа  
на тему «Исследование влияния  
теплотехнических неоднородностей  
оконных конструкций и кровельных  
покрытий на показатели тепловой  
защиты здания». Пояснительная записка.  
Челябинск: ЮУрГУ, 08.04.01, 196 с., 59  
ил., 21 табл., библиогр. список-77 наим

Выпускная квалификационная работа состоит из 3 разделов:

- Обзор литературы. Производится обзор нормативной литературы и обзор научных статей
- Основная часть. Приводится методика проводимого эксперимента, расчеты, а также экспериментальными данные, их обработка и анализ
- Практическое применение полученных результатов работы.

В магистерской работе применялись следующие пакеты прикладных программ:

ПК AutoCAD 2015 – для выполнения графического материала;

ПК Microsoft Office Word 2015 – для оформления пояснительной записки;

ПК Microsoft Office Excel 2015 – для оформления таблиц;

ПК Revit 2015 – для выполнения графического 3D материала;

ПК ELCUT 6.0 – для создания моделей и определения методики исследования.

					ЮУрГУ-08.04.01.2018.721.ПЗ ВКР							
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата								
Зав. Кафедр.	Пикус Г.А.				Пояснительная записка			Лит.	Лист	Листов		
Руководитель	Мозгалева К.М.									2	199	
Выполнил	Коробков Р.О.							ЮУрГУ кафедра ТСП				

## СОДЕРЖАНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ.....	19
1.1 Анализ состояния вопроса.....	19
1.1.1 Энергоэффективность.....	19
1.1.2 Обзор нормативной литературы.....	24
1.1.3 Обзор научных статей.....	32
1.1.4 Определение направления исследования.....	36
1.2 ИССЛЕДОВАНИЕ И НАУЧНАЯ РАБОТА.....	42
1.2.1 Определение методики проводимого эксперимента.....	42
1.2.2 Использование компьютерных программ для моделирования.....	44
1.2.3 Определение исходных данных, получение экспериментальных данных.....	50
1.2.4 Анализ, обработка данных, и их расчеты.....	54
1.3 Практическое использование полученных данных.....	66
2 СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДИКИ ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКОГО РАСЧЕТА КРОВЕЛЬНОГО ПОКРЫТИЯ.....	72
2.1. Обзор состояния вопроса.....	72
2.1.1 Обзор норм по энергосбережению.....	72
2.1.2 Развитие представлений о тепловой защите зданий.....	74
2.1.3 Учет теплотехнических неоднородностей в практике европейских стран при проектировании тепловой защиты зданий.....	84
2.1.4 Приведенное сопротивление теплопередаче и учет теплотехнических неоднородностей в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003».....	88
2.1.5 Учет теплотехнических неоднородностей в практике европейских стран при проектировании тепловой защиты зданий.....	92
2.2 РАСЧЕТ УДЕЛЬНЫХ ТЕПЛОВЫХ ПОТЕРЬ ЧЕРЕЗ УЗЛЫ КРОВЕЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	97

2.2.1 Направление исследования.....	97
2.2.2 Методика исследования.....	100
2.2.3 Исходные данные для исследования.....	102
2.2.4 Расчет удельных тепловых потерь через неоднородности в типовых узлах кровельного покрытия.....	117
2.2.4.1 Удельные потери теплоты через линейные неоднородности.....	117
2.2.4.2 Удельные потери теплоты через точечные неоднородности.....	134
2.3 Практическое применение, достоверность и эффективность полученных удельных потерь теплоты через неоднородности.....	165
2.3.1 Описание объекта для проектирования тепловой защиты.....	165
2.3.2 Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче по различным методикам.....	168
2.3.3 Сравнение результатов расчета, оценка их достоверности и эффективности.....	179
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	186
БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК.....	188

## ВВЕДЕНИЕ

Одним из главных требований, установленных в «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений», в том числе к входящим в их состав сетям и системам инженерно-технического обеспечения, является обеспечение их энергетической эффективности. Вопрос перехода к разумному потреблению энергоресурсов и приоритет энергетической независимости в политике стран уже стал настолько очевиден, что спорить с этим фактом бессмысленно. Позиция нашего государства по этому вопросу отражена в Федеральном законе № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты РФ», принятом в 2009 году. Согласно закону, здания, строения, сооружения должны соответствовать требованиям энергетической эффективности – отношению полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам на их использование.

Между тем, путей повышения энергоэффективности немало, это и внедрение эффективных систем освещения, и модернизация систем отопления и горячего водоснабжения, и применение энергосберегающих технологий и оборудования, и оснащение зданий современными приборами учета, проведение энергетических обследований, и, конечно же, использование энергоэффективных ограждающих конструкций.

### Существующая ситуация в Российской Федерации

Эксплуатационное энергопотребление существующих жилых и общественных зданий в России примерно в 3 раза превышает аналогичные показатели в технически развитых странах со сходными природно-климатическими характеристиками.

Активная полемика, энергосберегающие программы, теоретические разработки, образцы оборудования, экспериментальные объекты, осуществляемые в последние 10-15 лет, пока не оказали практического

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						5
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

влияния на энергоемкость городов и поселений, но создали реалистичные предпосылки для снижения энергопотребления зданий и сооружений.

В связи с тем, что ежегодный прирост жилых и производственных площадей за счет нового строительства в 90-х годах составляет примерно 1% от существующих площадей, основной потенциал энергосбережения содержится в эксплуатационной сфере и может быть реализован посредством реконструкции и санации действующих основных фондов.

Удельные теплотери в зданиях по экспертным оценкам распределяются следующим образом: до 40% – за счет организованной и неорганизованной инфильтрации нагретого воздуха, до 30% – за счет недостаточного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций, до 30% – за счет нерационального расходования горячей воды и нерегулируемого режима эксплуатации систем отопления.

Основные причины нерационального расходования тепловой энергии:

- несовершенство нерегулируемых систем естественной вентиляции;
- низкое качество и неплотности сопряжения деревянных оконных переплетов и балконных дверей;
- недостатки архитектурно-планировочных и инженерных решений отапливаемых лестничных клеток и лестнично-лифтовых блоков;
- недостаточное теплоизоляционное качество наружных стен, покрытий, в том числе кровельных конструкций, потолков подвалов и светопрозрачных ограждений;
- отсутствие приборов учета, контроля и регулирования на системах отопления и горячего водоснабжения;
- чрезвычайно развитая сеть наружных теплотрасс с недостаточной или нарушенной тепловой изоляцией;
- устаревшие, и в большинстве непроизводительные, типы котельного оборудования;
- отсутствие действенного механизма материальной заинтересованности энергопотребителей в ее экономии;

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		6

- крайне недостаточное использование нетрадиционных и вторичных источников энергии.

### Стратегия энергосбережения в сфере строительства и эксплуатации зданий и сооружений

Системный подход и экономически обоснованная последовательность выполнения комплекса взаимосвязанных и взаимозависимых энергосберегающих мероприятий градостроительного, архитектурно-планировочного, конструктивного, инженерного и эксплуатационного характера.

Первоочередная ориентация научной, проектной и практической деятельности по энергосбережению на наиболее энергоемкую сферу эксплуатации основных фондов, реализация энергосберегающих технологий в которой обеспечивает более 90% потенциального эффекта по энергосбережению за счет модернизации и реконструкции эксплуатируемых зданий, сооружений, инженерных систем, коммуникаций и энергетических объектов.

Переход на энергоэкономичные нормы проектирования и строительства новых зданий и сооружений.

По экспертным оценкам системная реализация энергосберегающих мероприятий позволяет сократить эксплуатационные энергозатраты в жилищном секторе в 2,0–2,5 раза. При этом удельная доля энергосбережения за счет совершенствования градостроительных решений составит 8–10%, архитектурно-планировочных решений – до 15%, конструктивных систем – до 25%, инженерных систем, включая системы вентиляции – до 30%, за счет совершенствования технологии эксплуатации, включая установку приборов учета, контроля и регулирования тепло-, водо- и электропотребления – до 20%.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		7

## Энергосберегающие градостроительные решения

Необходимо установить мораторий на расширение границ городов в течение 20–30 лет, развитие их в этот период должно осуществляться за счет более рационального использования территорий, уплотнения застройки до нормативного уровня без освоения новых пригородных территорий и без увеличения протяженности магистральных теплопроводов, других энергосетей и транспортных маршрутов.

Разработать технико-экономические обоснования комплексного использования традиционных централизованных и нетрадиционных систем теплоснабжения, в том числе локальных с применением котельных контейнерного типа, размещаемых на крышах или вблизи отапливаемых зданий.

Разработать программы завершения застройки жилых кварталов и микрорайонов с ликвидацией сквозных ветрообразующих пространств и организацией замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий.

Разработать генеральные планы, программы и бизнес-планы вторичной застройки реконструируемых малоэтажных жилых кварталов с утеплением ограждающих конструкций существующих домов в соответствии с новыми теплотехническими нормативами, переходом на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты, реконструкцией тепловых сетей, использованием крышных котельных для отопления и горячего водоснабжения на прирост площадей жилья и реализацией комплекса мер по электросбережению с организацией на основе этих кварталов энергоэффективных зон городского хозяйства.

Разработать программы использования подземного пространства (подземная урбанизация) для размещения стоянок автомашин, складских и вспомогательных помещений с использованием естественной теплоты земли или искусственных источников подогрева воздуха до положительной температуры.



## Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения

Существенное влияние на удельные теплотери в жилых и общественных зданиях оказывают их объемно-планировочные решения и, в частности, соотношение площади ограждающих конструкций к общей площади зданий, соотношение площади оконных проемов к площади наружных стен, конфигурация зданий в плане, размещение их на рельефе и относительно стран света.

### Рекомендуемые решения:

- Переход на проектирование и строительство ширококорпусных жилых домов с сокращением на 20–30% удельной площади ограждающих конструкций на квадратный метр площади жилья (рис. 1).
- Использование ширококорпусных домов при вторичной застройке реконструируемых кварталов, в том числе с возведением ширококорпусных домов вторичной застройки на месте существующих двух-пятиэтажных домов без их сноса, но с одновременной реконструкцией и продлением жизненного цикла до уровня новых зданий.
- Возведение мансардных этажей на существующих зданиях с ограждающими конструкциями повышенной теплозащиты, соответствующей второму этапу норм “Строительная теплотехника”, исключая тем самым сверхнормативные потери тепла через покрытия реконструируемых зданий.



Рис.1 Современный жилой дом

#### Энергосберегающие конструктивные системы:

Наиболее рациональными видами энергоэффективных наружных ограждающих конструкций являются многослойные композитные конструкции стен и покрытий с использованием минеральных эффективных материалов.

Основные резервы теплосбережения можно реализовать при утеплении существующих жилых домов. Утепление наружных стен – самый дорогостоящий и трудоемкий процесс - обеспечивает снижение теплопотерь примерно на 12–15%.

К наиболее известным и распространенным способам утепления наружных стен относятся: вентилируемые конструкции утепления наружных стен или, как принято их называть, вентилируемые фасады; невентилируемые конструкции утепления наружных стен с использованием минераловатных и полистирольных плит с креплением их непосредственно на стены или на каркас, а также всевозможные сочетания этих вариантов с

использованием местных утеплителей.

В Институте строительных конструкций и прочности Берлинского технического университета и в фирме “Этернит” разработаны варианты конструктивных решений утепления наружных стен зданий под общим названием “вентилируемые фасады” (рис. 2).

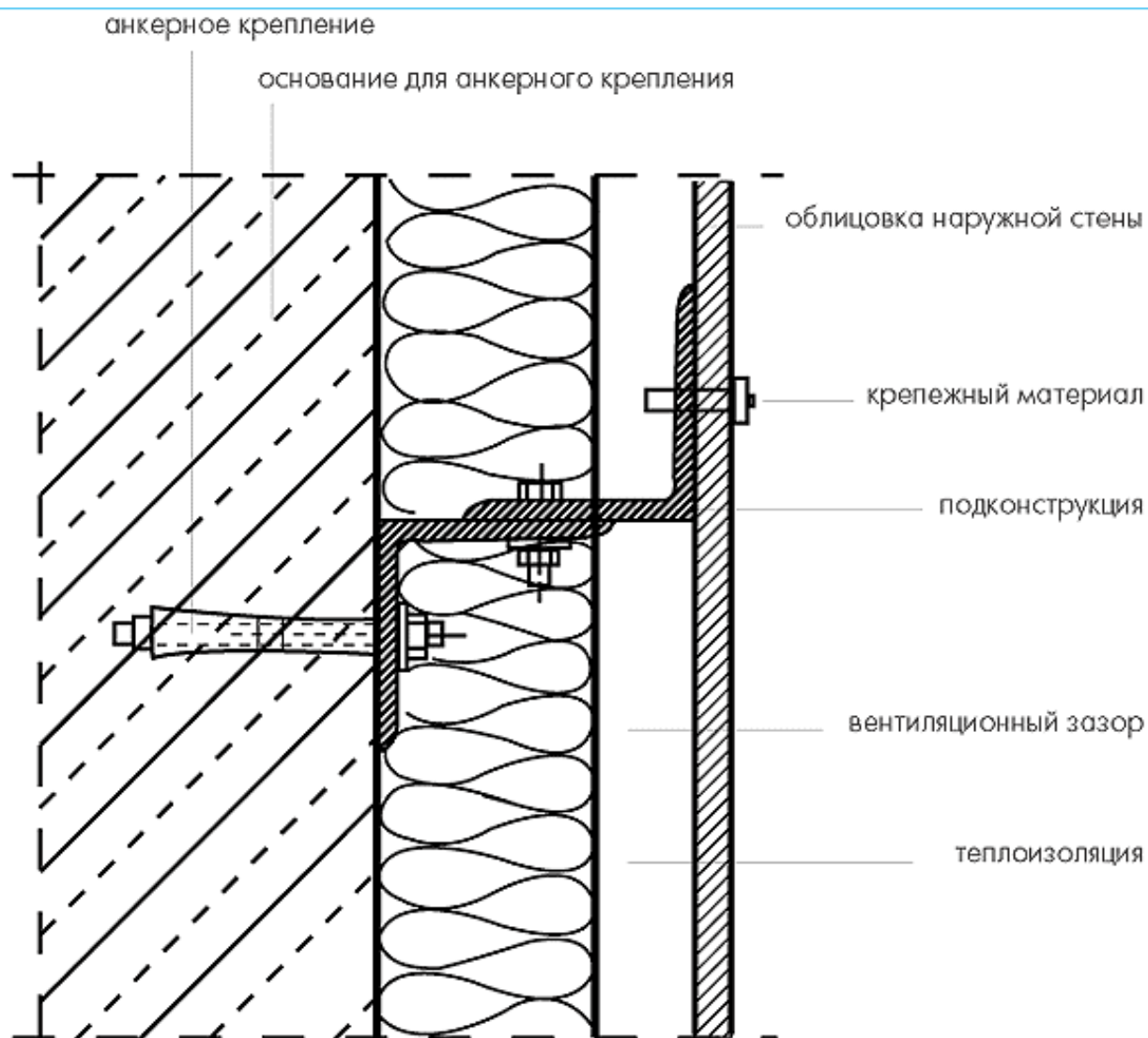


Рис. 2. Конструкции вентилируемого фасада

Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-08.04.01.2018.721.ПЗ ВКР

Лист

11

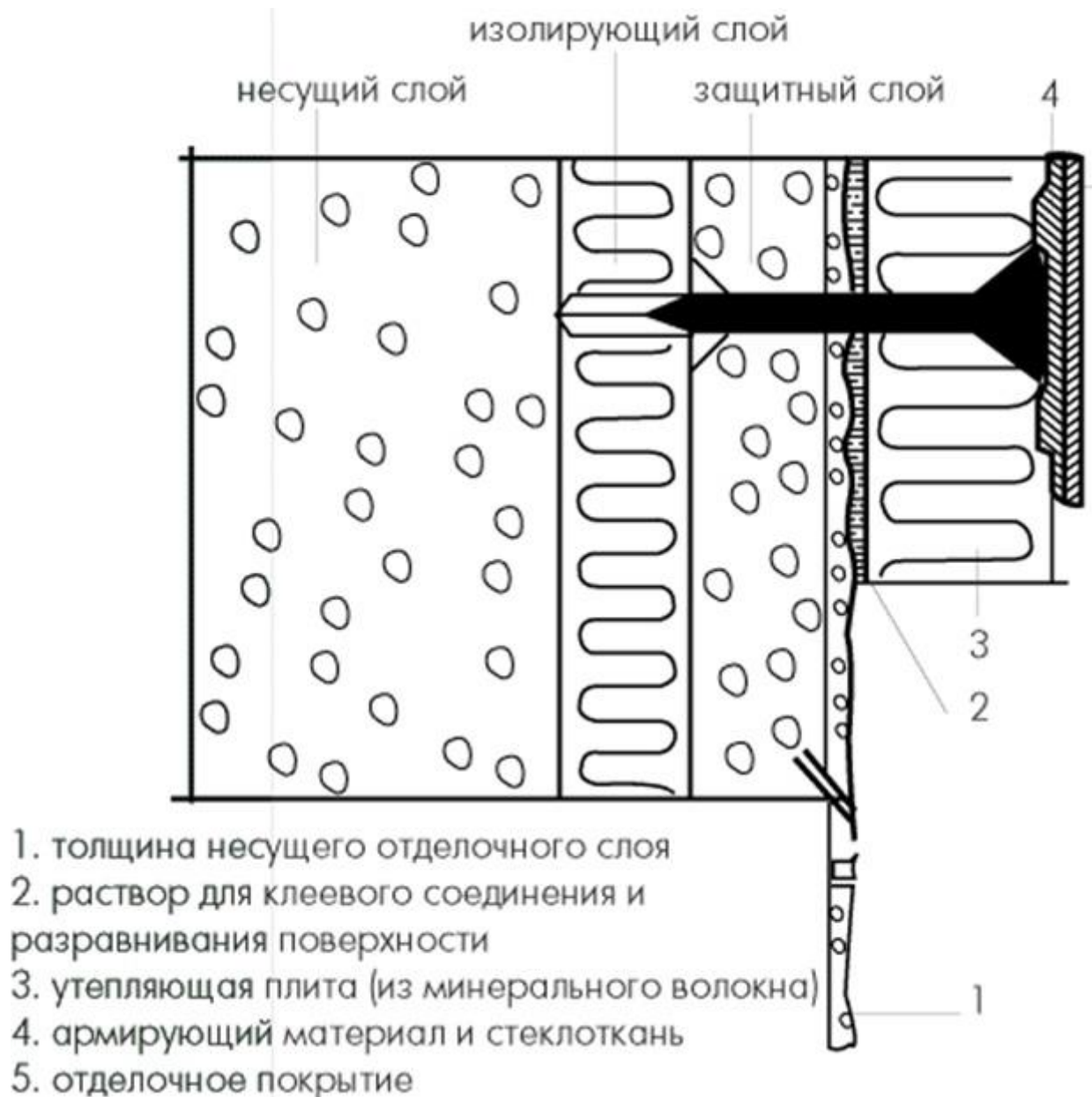


Рис. 3 Конструкция мокрого фасада

При утеплении наружных стен крупнопанельных жилых домов в Германии, Польше, Финляндии и в нашей стране широкое распространение получила многослойная теплоизоляционная система (МТИС), показанная на (рис. 3)

В Белоруссии при утеплении крупнопанельных домов используется технология получившая название “термошуба” (рис. 4).

Академическим институтом инвестиционно-строительных технологий РААСН разработан универсальный сухой способ утепления наружных стен зданий и сооружений для всех климатических поясов России. Данный способ

утепления может быть использован как для утепления существующих зданий, так и при возведении новых зданий повышенной теплоэкономичности в монолитном, панельном и блочном исполнении.

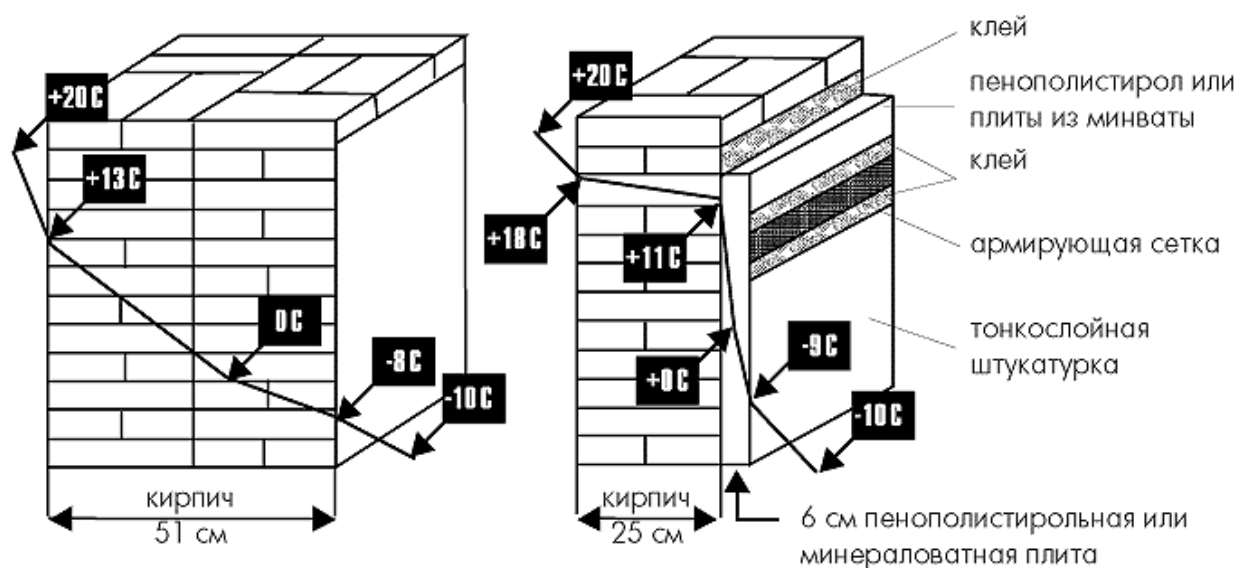


Рис.4. Термшуба наружных стен жилых зданий

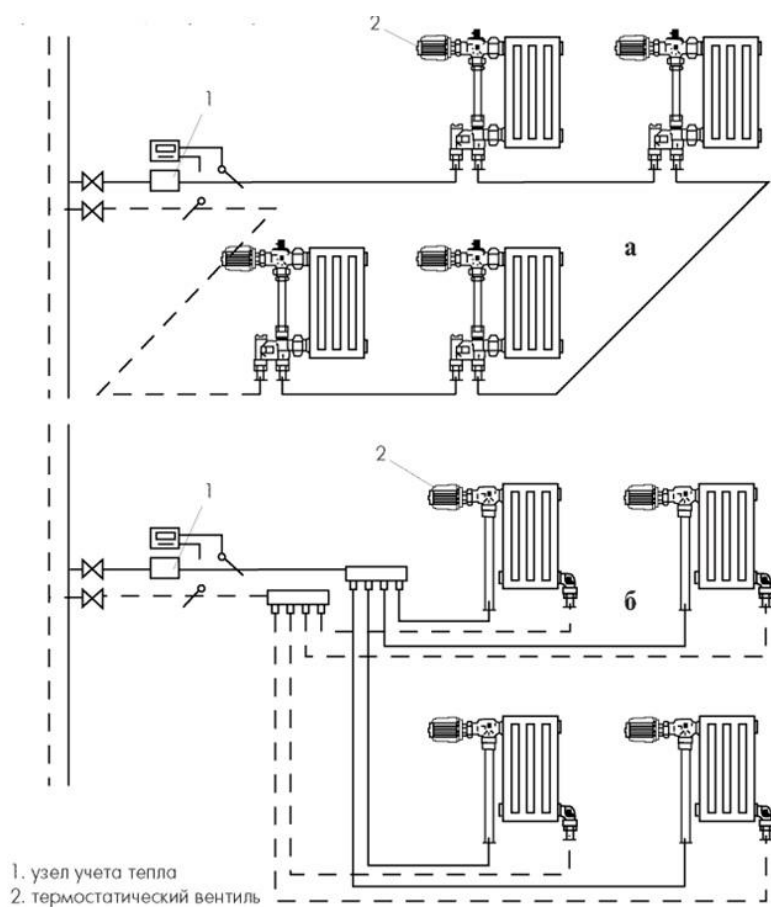


Рис. 5 Поквартирная разводка

Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР

Лист

13

При производстве работ практически исключаются мокрые и энергоемкие процессы.

Могут быть использованы утеплители различного вида (засыпные, заливные, плитные, в виде матов), в том числе местного изготовления.

Значительно повышаются архитектурно-эстетические качества наружной отделки фасадов зданий.

Конструктивная система универсального способа утепления наружных стен зданий предусматривает механическое крепление на расчетном расстоянии от стены облицовочных бетонных плиток заводского изготовления и заполнение образуемого пространства утеплителем.

Теплопотери через окна достигают 50% от общих теплопотерь через ограждающие конструкции, поэтому в первую очередь необходимо повышать теплозащитные качества окон. Оконные заполнения из древесины и стеклопластика с тройным остеклением, в виде стеклопакетов, с двойным остеклением и слоем пленки обеспечивают нормативные теплозащитные требования. При реконструкции снижение теплопотерь через окна может быть обеспечено посредством утепления откосов с установкой наличников и путем установки светопрозрачного экрана в межстекольном пространстве оконного блока с отдельными или спаренными переплетами.

Введение экрана позволяет ограничить естественную конвекцию в прослойках и добиться расчетного режима теплопроводности в окнах.

При одновременном учете светотехнических и теплотехнических свойств конструкций, окна с экранами имеют большую энергоэффективность.

Одним из направлений развития энергосбережения в строительстве являются окна с теплоотражающими стеклами. Использование таких окон в жилищном строительстве позволяет снизить потери тепла через них до 40 % энергии. В этом случае окупаемость дополнительных затрат не превышает 1,5 лет.

Традиционными материалами для изготовления оконных переплетов являются древесина, сталь и алюминий. Среди полимерных материалов для применения в конструкциях оконных и дверных блоков наиболее приемлемы

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						14
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

стеклонаполненные термореактивные материалы на основе полиэфирных смол –полиэфирные пластики. Эти материалы обладают всеми положительными качествами полимеров, не имея недостатков, присущих термопластам. Например, полиэфирные стеклопластики обладают теплопроводностью дерева, прочностью и долговечностью металла, биологической стойкостью, влаго- и атмосферостойкостью полимера.

### Энергосберегающие инженерные системы

Как показывает опыт, значительная, а в конкретных условиях – большая доля эффекта энергосбережения может быть получена при модернизации существующих и внедрении новых инженерных систем, энергоисточников, оборудования и контрольно-измерительных приборов по энергосбережению при эксплуатации объектов.

Принципиальными являются три составляющих.

Повышение КПД котельного оборудования; устранение теплопотерь в магистральных и внутриквартальных тепловых сетях; Модернизация систем отопления и горячего водоснабжения зданий, поквартирный учет и регулирование потребления энергоресурсов.

Рекомендуемые мероприятия:

- использование высокопроизводительного котельного оборудования, в том числе локальных котельных контейнерного типа, при размещении которых на крыше зданий исключается необходимость в тепловых сетях;
- переход на автоматизированные индивидуальные тепловые пункты с исключением применения струйных смесителей - насосов (элеваторов) со свободным количественным и качественным регулированием теплоносителя для пофасадной и секционной подачи. Установление режимов отопления для дневного, ночного времени, зимнего и осенне-весеннего периодов, выходного дня, дежурного отопления и т.д.

Переход на автономные, независимые от централизованного теплоснабжения системы горячего водоснабжения с использованием поквартирных газовых или электроводонагревателей и двуставочного тарифа

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		15



оплаты за электроэнергию.

До 25% от общего возможного эффекта по экономии тепловой энергии можно получить при установке поквартирных приборов учета расходования горячей воды (8–10%) и приборов учета и регулирования систем отопления, способствующих исключению перегрева помещений при межсезонном и временном повышении температуры наружного воздуха и по комнатному регулированию температуры в отопительный период (10–12%).

При реконструкции существующих домов и проектировании новых целесообразно применять принципиально новые системы отопления.

Наибольшее распространение в массовом жилищном строительстве в России получили вертикальные однотрубные системы отопления. В указанных системах невозможно в полной мере реализовать потенциальные возможности энергосбережения.

Организация поквартирного учета расходования теплоносителя в этих системах сложна технически и требует больших материальных затрат.

Существенная экономия тепловой энергии и повышение уровня теплового комфорта в отапливаемых помещениях достигается при применении горизонтальных систем отопления с поквартирным распределением теплоносителя.

Горизонтальные системы отопления могут выполняться в двух вариантах:

- с кольцевой разводкой трубопроводов по периметру наружных стен ;
- с лучевой разводкой и подачей теплоносителя к каждому прибору от специального коллектора по гибким трубопроводам, проложенным в полу по кратчайшему пути.

Экономия тепловой энергии при эксплуатации рассматриваемых систем составляет 20–25% за отопительный сезон по сравнению с существующими вертикальными однотрубными системами отопления.

Ориентировочные расчеты показывают, что при совокупной реализации мероприятий по модернизации инженерных систем, расходы

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		16



тепла в жилых и общественных зданиях на отопление и нагрев приточного или инфильтрирующего воздуха возможно сократить на 30–40%. При этом единовременные капитальные затраты будут значительно (от 2 до 10 раз) ниже, чем затраты на увеличение термического сопротивления стен.

В целом возможно реально довести расчетные потери тепла в жилых зданиях до уровня достигнутого в передовых странах - 30–35 Вт/м<sup>2</sup>.

При выполнении магистерской диссертации были поставлены следующие цели:

-Выполнить моделирование светопрозрачной конструкции с примыкающей к ней стеной и произвести расчет.

-Выполнить компьютерный расчет модели окна и оконного проема.

-Показать пути оптимизации конструктивных решений.

-Проведение анализа узлов кровельной конструкции;

-Моделирование температурных полей в областях температурных включений в узлах кровли;

-Расчет удельных потерь теплоты для различных узлов кровельной конструкции, упорядочивание результатов и подготовка таблиц со справочным материалом;

-Сравнение удельных потерь теплоты, полученных при моделировании температурных полей, с удельными потерями теплоты, приведенными в СП 230.1325800.2015 «Конструкции, ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей»;

-Проведение расчета приведенного сопротивления теплопередаче кровли по методике, представленной в СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003», с применением полученных удельных потерь теплоты, на примере здания, находящегося в Челябинской области и оценка эффективности полученных результатов.

Решение указанных задач позволяет осуществлять оптимизированное использование строительных материалов, а также экономию энергоресурсов.

# 1. ОЦЕНКА КАЧЕСТВА УСТРОЙСТВА СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ КОНСТРУКЦИЙ ПО ПАРАМЕТРАМ

## 1.1 АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

### 1.1.1 ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТЬ

Энергоэффективность – одна из основных проблем стоящих перед современным человечеством. Под этим термином подразумевается сокращение расходов энергоносителей до наиболее рациональных величин, а также улучшение параметров теплопроницаемости существующих конструкций и материалов, а также создание новых. По оценке отечественных и зарубежных специалистов, одним из основных направлений улучшения экологической обстановки в мире и сохранения здоровья населения является снижение уровня потребления природных энергетических ресурсов. Жилищно-строительная сфера потребляет около 20% всех потребляемых в стране топливо энергетических ресурсов. Эту цифру необходимо уменьшить. Во многих развитых странах (США, Япония и др.), после мирового энергетического кризиса, разразившегося в 70-е годы, были разработаны различные концепции по энергосбережению, в результате реализации которых годовой расход энергии в этих странах был снижен на 30-40%. Процессы по энергосбережению начались и в России.

В январе 1998 года была утверждена целевая программа «Энергосбережение России на 1998-2005 годы». В 1997 году принято постановление «О повышении эффективности использования энергетических ресурсов предприятиями бюджетной сферы». Далее в 11 ноября 2009 года был Государственной Думой принят Федеральный закон "Об Энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные акты Российской Федерации" с последующей доработкой 29 декабря 2014 года. В настоящее время практически для всех видов производств разработаны энергосберегающие, тепло утилизирующие установки и приняты другие теплозащитные меры,

					ИУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		19

однако уровень энергоэффективности предприятий строительной отрасли и жилищно-коммунального хозяйства у нас в стране значительно ниже зарубежного. Мировая практика показывает, что потребление энергии только в жилищном секторе может быть сокращено, по крайней мере, еще в 2 раза, если внедрять новейшие технологии производства и эксплуатации материалов и оборудования.

Основные факторы, определяющие непроизводственные потери энергии в строительной сфере:

- ориентация строительной индустрии на преимущественный выпуск и использование энергоемких материалов (кирпич, керамзитобетон и др.);
- применение ограждающих конструкций зданий с низким уровнем теплозащиты и неправильности самой конструкции, в том числе светопрозрачных конструкций;
- несовершенство технических систем теплоснабжения и инженерного оборудования зданий;
- неэффективное использование градостроительных приемов, объемно-планировочных и конструктивных решений;
- недостаточное развитие нетрадиционных систем энергосбережения.

Основные энергосберегающие мероприятия в жилищно-строительной сфере.

Энергосбережение должно осуществляться с помощью комплекса мероприятий: градостроительных (8 -10% экономии), архитектурно-планировочных (15%), конструктивных систем (25%), инженерных систем (30%), технологий эксплуатации (20%)

Энергосберегающие градостроительные решения включают:

1) Установление моратория на расширение границ городов в течение 20-30 лет, с целью более рационального использования городских магистральных теплопроводов и других энергосистем;

2) Включение в генпланы, программы и бизнес-планы застройки жилых кварталов мероприятий по ликвидации сквозных ветрообразующих пространств;

3) Организацию замкнутых дворовых и внутриквартальных территорий;

4) Использование естественной теплоты Земли и развитие подземной урбанизации с целью экономии энергоресурсов.

В целях энергосбережения необходимо также правильное размещение и взаиморасположение зданий и жилых комплексов, использование защитных свойств рельефа и т.д.

Энергосберегающие архитектурно-планировочные решения:

1) строительство широко корпусных жилых домов с сокращением удельной площади на 1м<sup>2</sup> жилой площади;

2) возведение мансардных этажей на существующих зданиях для предотвращения сверхнормативных потерь тепла через покрытия;

3) упрощение конфигурации домов;

4) оптимальная ориентация по направлениям ветра и солнечных лучей.

Энергосберегающие конструктивные решения.

Известно, что при действующей практике проектирования и строительства более 60% тепла уходит через ограждающие конструкции: внешние стены, потолок, крышу, окна, двери и фундамент, поэтому основной резерв тепла кроется в надежной теплоизоляции всего корпуса жилого дома.

Для утепления стен должны использоваться материалы с теплопроводностью  $R$  от 0,19 до 0,42 на 1 см. К таким материалам относятся стекловолокно, минеральная вата, целлюлозная вата, вспененный полистерен, полиуретан. Можно отметить, что производство современных теплоизоляционных материалов в нашей стране, по сравнению с экономически развитыми странами, в несколько раз меньше. Окна так же являются значительным источником теплопотерь. Для их снижения необходимо применения герметичных стеклопакетов, изменением оконных откосов, а также их утепление. Для предотвращения потерь тепла через фундамент необходимо использовать теплоизоляцию, парозащиту, достаточную вентиляцию подвальных помещений.

Энергосберегающие инженерные решения.

Энергоисточники, различное специализированное оборудование, контрольно-измерительные приборы, по оценке специалистов, позволяют сократить расход тепла на отопление и нагрев воздуха на 25-30%. К таким мерам относятся:

- 1) использование высокопроизводительного котельного оборудования и повышение его КПД;
- 2) устранение теплопотерь в системах централизованного теплоснабжения;
- 3) переход на автономные системы горячего водоснабжения с использованием газовых или электронагревателей;
- 4) введение поквартирной системы отопления;
- 5) установка терморегулирующей аппаратуры для регулирования обогрева жилых зданий в зимний и осенне-весенний периоды, в дневное и ночное время и т. д.

В особую группу можно поместить прочие меры по энергосбережению:

- энергосберегающий образ жизни, обучение энергосберегающему проектированию и строительству;
- использование искусственной вентиляции с рекуперацией тепла и уменьшением неконтролируемого воздухообмена;
- сбережение электроэнергии на освещение с помощью новых типов светильников (люминесцентных ламп) и использование более эффективных холодильников, телевизоров и др.;
- использование строительных материалов с минимальной затратой энергии на их добычу и транспортировку;
- использование строительной техники без тяжелых энергоемких строительных машин и оборудования;
- рациональная организация строительных работ и сокращение сроков строительства;
- компьютерное математическое моделирование, оптимизация всех теплозащитных характеристик и контроль над работой инженерных систем.

#### Энергосберегающие заглубленные здания.

Еще с древних времен человек использовал пещеры, землянки как места укрытия от непогоды. В настоящее время мы так же можем использовать энергию земли.

Основная цель строительства заглубленных жилищ – поддержать и улучшить взаимоотношения с окружающей средой; используя землю, как одеяло, укрыть здание со всех сторон: земля защитит его, как барьер, от ветра, холода, нежелательной инфильтрации осадков и будет препятствовать потерям тепла. Предпочтительна кубическая и близкие к ней формы зданий, кроме того этажность не должна превышать одного, двух этажей.

Помимо жилищного строительства целесообразно использовать заглубленные здания и в других целях, так например, в Швеции строительство подземных сооружений для хранения нефти объемом более 100 тыс. м<sup>3</sup> более экономично, чем наземных, так как при этом потребление энергии на отопление снижается в 3 раза и на охлаждение в 10 раз.

Энергосберегающие экодому.

Экодому – практически автономный малоэтажный дом, в котором в максимально возможной степени используются природные процессы для обеспечения его жизнедеятельности, включая энергообеспечение и переработку отходов.

Энерго- и ресурсосбережение является задачей мирового масштаба, решением которой ученые, проектировщики и эксплуатационники занимаются на протяжении многих лет. Развитие технологий позволило, с помощью различных программных комплексов. На стадии проектирования создавать модели конструкций и узлов с точными физическими свойствами используемых материалов, что позволило находить оптимальный конструктив, с минимальными энергопотерями. В свою очередь повсеместное внедрение энергосберегающих технологий и необходимость к 2020 году обеспечить абсолютно все здания энергопаспортами, заставляет застройщиков усилить контроль и на стройплощадках. Данная работа проведена с целью изучения экспериментального определения теплотерь, определение производственного брака, а также возможных конструктивных изменений узлов для уменьшения теплотерь.

					ЮУрГУ-08.04.01.2018.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		24

## 1.1.2 ОБЗОР НОРМАТИВНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

В нашей стране уровень тепловой защиты здания наружными стенами оставался почти без изменений до 1994 года. Он определялся нормированием величины сопротивления теплопередаче  $R_0$ , которое было основано на принципах обеспечения санитарно-гигиенических требований внутри помещения и ограничения теплопотерь в отопительный период при минимуме приведенных затрат на возведение ограждения и его эксплуатацию. Поэтому, при проектировании наружного ограждения должны были соблюдаться два условия:

- сопротивление теплопередаче  $R_0$  во всех случаях должно быть не менее требуемого по санитарно-гигиеническим условиям сопротивления теплопередаче  $R_{0тр}$ ;

- сопротивление теплопередаче ограждения  $R_0$  принимается равным экономически целесообразному сопротивлению  $R_{0эк}$ , определяемому из условия обеспечения наименьших приведенных затрат. Выполнение расчетов по определению  $R_{0эк}$  связано с большим объемом работ и затрат времени на вычисление и определение исходных величин и, поэтому, производилось редко. Для упрощения расчетов, следуя указаниям Госстроя СССР, к величинам требуемых сопротивлений теплопередаче  $R_{0тр}$  вводили повышающие коэффициенты. Они принимались в зависимости от назначения здания, его капитальности, возможностей заказчика и других экономических и социальных факторов. Величина коэффициентов колебалась от 1,1 до 2,0. При определении экономически целесообразного сопротивления теплопередаче  $R_{0эк}$  учитывались потери тепла за счет инфильтрации воздуха, стоимость тепловой энергии, стоимость материала теплоизоляционного слоя многослойной конструкции, отпускные цены на ограждающие конструкции, стоимость их транспортирования и монтажа. Нормирование сопротивления теплопередаче стены по санитарно-гигиеническим требованиям было основано на принципе обеспечения минимально допустимых комфортных условий внутри помещений и

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		25



производилось с учетом тепловой инерции  $D$  ограждающих конструкций и расчетной зимней температуры наружного воздуха, которая принималась в соответствии со СНиП 2.01.01-82. «Строительная Климатология и геофизика». Как показала практика, даже небольшие ошибки, допускаемые при конструировании, изготовлении, монтаже и эксплуатации ограждающих конструкций вели к понижению температуры на внутренней поверхности стен ниже допустимой, что зачастую приводило к выпадению конденсата. Такой принцип нормирования и допускаемые ошибки привели к тому, что в среднем по стране на 1 м<sup>2</sup> отопления общей площади жилого здания необходимо порядка 88 кг условного топлива в год, что превышает аналогичный показатель в странах, находящихся в сопоставимых с Россией климатических условиях в 2,5...3 раза.

Госстрой России постановлением от 11 августа 1995 г. утвердил и ввел в действие с 1 сентября 1995 г. «Изменение № 3 СНиП II-3-79\*\* «Строительная теплотехника», требующее существенного повышения уровня теплозащиты новых и реконструируемых зданий путем увеличения сопротивления теплопередаче в 2:3,5 раза, что позволяет снизить теплопотребление в зданиях на 20...30 %. Данные изменения в СНиП привели к необходимости совершенно новых подходов в конструировании, технологии изготовления и монтажа ограждающих конструкций. Часто встречается мнение, что для достижения нового нормативного сопротивления теплопередаче ограждения необходимо увеличить его толщину на определенную величину, связанную только с теплофизическими характеристиками материалов. Это мнение ошибочно, поскольку изменился сам принцип нормирования. Согласно новым нормам, приведенное сопротивление теплопередаче ограждающих конструкций следует принимать не менее требуемых значений  $R_{0тр}$ , определяемых исходя из условий энергосбережения, а так же санитарно-гигиенических и комфортных условий. Величина требуемого сопротивления теплопередаче стен, определяемая из условий энергосбережения по значению градусо-суток отопительного периода (ГСОП), больше величины, определяемой исходя из

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		26

санитарно-гигиенических и комфортных требований. Это привело к тому, что в настоящее время нормируемая величина сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций определяется средней температурой наружного воздуха и продолжительностью отопительного периода. По оценке отечественных и зарубежных специалистов, одним из основных направлений улучшения экологической обстановки в мире и сохранения здоровья населения является снижение уровня потребления природных энергетических ресурсов.

Далее в 1 июля 2013 года введен СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 установленные Федеральным законом от 27 декабря 2002 г. N 184-ФЗ "О техническом регулировании", а правила разработки – постановлением Правительства Российской Федерации от 19 ноября 2008 г. N 858 "О порядке разработки и утверждения сводов правил" и в июле 2015 года будет введен в действие доработанный раздел 5 и приложение под названием "Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче" с таблицами теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций к СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003", с целью повышения уровня проектирования тепловой защиты зданий, упрощения и упорядочивания работы специалистов, проектирующих тепловой контур здания.

В систему нормативных документов зданий со сниженным потреблением энергии

входят:

- СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003" [9]
- Проект свода правил "Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче" с таблицами теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций (в действие не введен) [10]
- ГОСТ 30494 "Параметры микроклимата в жилых и общественных зданиях"[11];
- четыре ГОСТа по обеспечению энергоаудита зданий (ГОСТ 31166[12] ,

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		27

ГОСТ 31167[13], ГОСТ 31168[14] , ГОСТ 26254[15] );  
- разделы "Энергосбережение" в СП 54.13330.2011 "Актуализированная версия СНиП 31-01-2001" по жилым многоквартирным зданиям[16] и СП 55.13330.2011 "Актуализированная версия СНиП 31-02-2001" по жилым многоквартирным зданиям[17]

Все вышеуказанные документы официально утверждены соответствующими органами власти, введены в действие и имеют силу обязательных к исполнению. Согласно закону РФ "О Техническом Регулировании" все ГОСТы и СНиПы, утвержденные до введения этого закона, будут действовать как обязательные к исполнению в течение 7 лет, после чего станут рекомендательными. СНиП II-3-79\* "Строительная теплотехника" признан не действующим с 1 октября 2003 г. ТСН в настоящее время является не действительным. По этим нормам, действующим с 2000 г., спроектированы новые здания, которые были построены и введены в эксплуатацию в 2001 - 2002 гг.

В СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003" изложены только основные нормы к зданию или сооружению. Методы проектирования, в том числе и альтернативные, вынесены в Свод правил (СП) "Проектирование тепловой защиты зданий" и могут быть использованы проектировщиком в зависимости от творческого потенциала, квалификации, технических возможностей.

Основные принципы построения СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий"

СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" определяет нормируемые показатели энергоэффективности зданий, отвечающих мировому уровню, и методы их контроля. В нем:

- установлены численные значения нормируемых показателей энергоэффективности зданий;
- дана классификация новых и эксплуатируемых зданий по энергетической эффективности;

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		28

- открыта возможность строить здания с более высокими показателями энергоэффективности, чем нормируемые;
- создана возможность выявлять эксплуатируемые здания, которые необходимо срочно реконструировать с точки зрения энергоэффективности;
- разработаны правила проектирования тепловой защиты зданий при использовании как поэлементного нормирования, так и показателей энергоэффективности;
- даны методы контроля соответствия нормируемым показателям тепловой защиты и энергетической эффективности как при проектировании и строительстве, так и при эксплуатации зданий (энергетические паспорта);
- не допускается проектирование зданий с расходами энергоресурсов, превышающими установленные нормируемые показатели.

СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" - новый документ как по своей структуре и области применения, так и по устанавливаемым им критериям теплозащиты и теплового контроля, методам контроля, характеру и уровню энергоаудита, согласованности с европейскими стандартами.

При этом новый документ сохраняет преемственность с отмененным СНиП 2-3-79\* "Строительная теплотехника" 1996 г. и обеспечивает тот же уровень энергосбережения, однако представляет более широкие возможности в выборе технических решений и способов соблюдения нормируемых параметров.

СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" распространяется на тепловую защиту как вновь строящихся и реконструируемых жилых, общественных, производственных, сельскохозяйственных и складских зданий и сооружений, так и эксплуатируемых зданий, в которых необходимо поддерживать определенную температуру и влажность внутреннего воздуха.

При этом установленные критерии могут быть использованы для оценки энергетической эффективности существующих зданий с целью определения необходимости улучшения их энергетической эффективности.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		29

Новые нормы, в отличие от прежних, относятся как к проектируемым и реконструируемым, так и к эксплуатируемым зданиям. СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий" позволил осуществлять контроль качества теплоизоляции каждого здания при приемке его в эксплуатацию методом термографического обследования согласно ГОСТ 26629-85 "Метод тепловизионного контроля качества теплоизоляции ограждающих конструкций. Такой контроль поможет выявить скрытые дефекты и возможность их устранения до ухода строителей со строительного объекта. Также необходим выборочный контроль воздухопроницаемости помещений зданий согласно ГОСТ 31167-2009 "Здания и сооружения. Метод определения воздухопроницаемости помещений и зданий в натуральных условиях". Контроль параметров при эксплуатации зданий осуществляют с помощью энергетического аудита по ГОСТ 31168-2014 «Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление». Энергетический аудит здания определяется как последовательность действий, направленных на определение энергетической эффективности здания и оценку мероприятий по повышению энергетической эффективности и энергосбережения. Результаты энергетического аудита являются основой классификации и сертификации зданий по энергоэффективности. Энергетический аудит может также выполняться с целью более подробного описания некоторых теплотехнических и энергетических характеристик здания.

С целью подтверждения соответствия показателя нормализованного удельного расхода тепловой энергии на отопление за отопительный период эксплуатируемого здания нормируемым значениям и требованиям контроля этого показателя согласно новому СНиП были разработаны три новых ГОСТа, утвержденных Госстроем РФ в 2003г.:

- ГОСТ 31166 "Конструкции ограждающие термически неоднородные зданий и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередачи";

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						30
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

- ГОСТ 31167 "Здания и сооружения. Метод определения воздухопроницаемости помещений и зданий в натуральных условиях" был доработан в 2009 году;

- ГОСТ 31168 "Здания жилые. Метод определения потребления тепловой энергии на отопление здания". Последние два стандарта определяют базовые методы контроля параметров, входящих в энергетический паспорт эксплуатируемых зданий, и используются при энергоаудите. Был доработан в 2014 году;

В СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» предложено определять уровень тепловой защиты: по нормируемым значениям сопротивления теплопередаче для отдельных ограждающих конструкций показатели, использование которого позволяет предлагать конструктивы, сбалансированные с точки зрения стоимости и энергоэффективности. При использовании любого из подходов должны обеспечиваться санитарно-гигиенические условия соблюдения нормируемая величина температурного перепада между температурами внутреннего воздуха и на поверхности ограждающей конструкции и температура на внутренней поверхности ограждающей конструкции выше температуры точки росы для условий микроклимата помещения. Иначе говоря, все виды ограждающих конструкций должны обеспечивать комфортные условия пребывания человека и предотвращать поверхности внутри помещения от увлажнения, намокания и появления плесени.

Проектирование по показателям «в» дает следующие преимущества:

- отпадает необходимость для отдельных элементов ограждающих конструкций достижения нормируемых значений сопротивления теплопередаче;

- обеспечивается энергосберегающий эффект за счет комплексного проектирования теплозащиты здания и учета эффективности систем теплоснабжения;

Предоставляется большая свобода выбора проектных решений. Проектирование ограждения по потребительскому подходу позволяет не только существенно оптимизировать тепло затраты при эксплуатации здания и на этапе возведения здания уменьшить прямые затраты застройщика. Такой результат достигается за счет заложенной в нормативной документации возможности снижения минимального значения коэффициента термического сопротивления ограждающей конструкции/на 37%, и как следствие уменьшение толщины конструкции, снижение нагрузки на несущие элементы перекрытий здания и фундаменты. Снижение величины коэффициента термического сопротивления ограждающей конструкции возможно при условии соответствия проектируемого здания классу «нормальный» или более высокому по энергосбережению.

### 1.1.3 ОБЗОР НАУЧНЫХ СТАТЕЙ

Обзор исследований влияния оконного откоса на тепловлажностный режим зданий.

В последние годы в строительстве большое внимание уделяется вопросам энергосбережения и энергоэффективности. Это одно из приоритетных направлений, оговоренных в ФЗ от 23.11.2009 г. №261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации», Федеральном законе от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений». Согласно приказу №262 Минрегионразвития РФ к 2020 году необходимо добиться повышения энергоэффективности зданий на 40%. Мероприятия по достижению этого занимают важное место в современном развитии строительной отрасли.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						32
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Разрабатываются новые конструктивные решения и технологии, совершенствуются архитектурно-планировочные решения.

На сегодняшний день все больше усложняется выполнение теплотехнического расчета. Это связано с тем, что получают распространение такие конструкции как вентилируемый и штукатурный фасады. Они благоприятно влияют на температурно-влажностный режим помещений, что в свою очередь повышает теплозащиту и энергоэффективность здания, но сложны в выполнении теплотехнического расчета из-за большого количества элементов, коэффициент теплопроводности которых выше коэффициента теплопроводности стены. Такие элементы называются теплопроводными включениями. К ним могут относиться как отдельные детали, такие как кронштейн, так и целые узлы, такие как узел примыкания светопрозрачной конструкции к фасаду здания (узел откоса) (рис.6.).

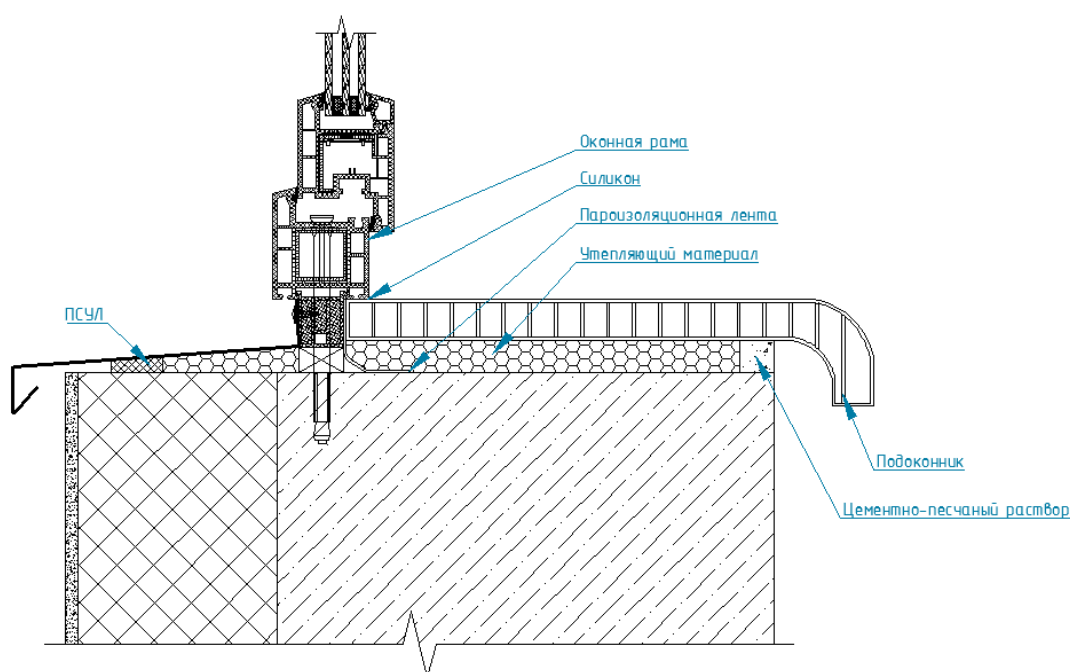


Рис. 6. Принципиальная схема устройства оконного откоса

Эти теплопроводные включения в теплотехнических расчетах зачастую не учитываются или учитываются неправильно. К примеру, узел оконного откоса часто рассматривается как часть стены и имеет такое же сопротивление теплопередаче, как и стена, но ведь откос — это дополнительные поверхности, с которых происходит теплоотдача, что



приводит к увеличению теплопотерь. Если взглянуть с другой стороны, то оконная рама может быть запроектирована или смонтирована неверно, что также может привести к дополнительным теплопотерям. Неверный расчет может привести к серьезным последствиям, вызвать нарушение температурно-влажностного режима помещения, значительно увеличить потребление зданием энергии и отрицательно сказаться на людях, находящихся в здании.

*Такие участки ограждающей оболочки здания, как оконный откос, на которых неравномерно распределен тепловой поток, называются краевыми зонами.*

Краевые зоны здания представляют особенный интерес. Согласно [2] совершенствование конструктивного решения наружных ограждений может привести к снижению трансмиссионных теплопотерь через оболочку здания на значительную величину, до 29%. Температурно-влажностный режим в краевых зонах оказывает существенное влияние на энергопотребление здания. Это говорит о том, что совершенствование краевых зон ограждающих конструкций имеет высокий потенциал.

Хочется особое внимание уделить узлу оконного откоса. В работе [3] говорится, что уменьшение сопротивления теплопередаче при учете оконного откоса составляет для разных конструктивных решений от 10 до 20%.

Снижение тепловых потерь через оконные откосы можно достичь следующими мероприятиями:

1. Смещением оконной коробки в проеме;
2. Увеличением толщины оконной коробки;
3. Утеплением оконных откосов;
4. Устройством термовкладыша между оконной коробкой и стеной.

Наиболее полное исследование теплопотерь через оконные откосы провел К.Ф.Фокин. Согласно его работе [4] сопротивление окна в кирпичной стене с учетом потерь через оконные откосы снижается на 30%. Также он говорит, что при различных положениях переплета в проеме дополнительные

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		34

теплопотери через оконный откос практически не меняются, но положение переплета сильно сказывается на характере распределения температур.

В работе [5] сказано, что снижение приведенного сопротивления теплопередаче вследствие повышенных теплопотерь через оконные откосы может составлять 30-40%. Для решения этой проблемы рекомендуется выполнение следующих мероприятий: смещение оконной коробки к центру стены, увеличение толщины теплоизоляции между оконной коробкой и наружной стеной, утепление оконных откосов с внутренней стороны.

По результатам проведенных в [6] расчетов влияние местоположения окна на теплопотери через стены и оконные откосы дают следующие результаты: увеличение тепловых потерь по сравнению с кирпичной стеной без проема составляет 18,14 и 16 % соответственно при расстоянии от оконного блока до наружной грани стены 120, 250 и 380 мм.

Также согласно [6] при увеличении толщины оконной коробки от 60 до 180 мм дополнительные потери через поверхность стены и оконного откоса по сравнению с обычной стеной уменьшаются с 26 до 12 %.

В работе [7] проведен подробный анализ принципов проектирования сопряжений оконного блока с наружной стеной в жилых зданиях, исследованы их конструктивные особенности. Также говорится о том, что теплопотери через оконный откос составляют: в кирпичных зданиях – 14 %, в однослойных керамзитобетонных стенах – 8 %, в трехслойных панелях с эффективным утеплителем – 5 % по отношению к общим тепловым потерям здания.

Это говорит о том, что учет узла оконного откоса в теплотехническом расчете необходим, так как теплопотери через оконные откосы составляют значительную долю потерь тепла за счет нарушения однородности температурного поля в ограждающих конструкциях. Пример такого расчета приведен в [1]. Для его выполнения требуется моделирование двухмерных полей методом конечных элементов на ЭВМ, что также связано с техническими трудностями.

В существующих публикациях не рассматриваются влияние оконного откоса на тепловлажностный режим здания совместно с такими конструкциями как вентилируемый и штукатурный фасады, которые в наше время получают все большее распространение. Также отсутствует зависимость величины дополнительных теплопотерь через оконные откосы от величины ряда факторов (положения оконной коробки в проеме, толщины оконной коробки, утепления оконных откосов). Кроме этого, отсутствует привязка дополнительных теплопотерь к качеству монтажа светопрозрачных конструкций. Эти вопросы имеют немаловажное значение и их решение может позволить добиться более высоких результатов в задачах энергоэффективности.

#### 1.1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕ НАПРАВЛЕНИЯ ИССЛЕДОВАНИЯ

Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций гражданских и производственных зданий выполняется в соответствии с указаниями СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003", СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий. Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче" с таблицами теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций. При проектировании наружных ограждающих конструкций зданий необходимо знать минимальные значения сопротивления теплопередаче  $R_0$ , при которых ограждения оказываются удовлетворительными в теплотехническом отношении. Эти значения называются нормативными или требуемыми,  $R_{отр}$ , и зависят от назначения здания, его внутреннего режима, климатических условий района строительства и вида ограждения.

Различают три вида теплопередачи: Теплопроводностью, конвекцией и излучением.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		36

Строителей в большей степени интересует теплопроводность, так как в теплотехнических расчетах принято считать, что распространение тепла в материалах происходит лишь по законам теплопроводности. Теплопроводность-это перенос теплоты структурными частицами вещества(молекулами ,атомами, электронами)в процессе их теплового движения, такой теплообмен может происходить в любых телах с неоднородным распределением температур, но механизм переноса теплоты будет зависеть от агрегатного состояния вещества. Явление теплопроводности заключается в том, что кинетическая энергия атомов и молекул, которая определяет температуру тела, передается другому телу при их взаимодействии или передаётся из более нагретых областей тела к менее нагретым областям. Иногда теплопроводностью называют также количественная оценка способности конкретного вещества проводить тепло.

Теплообмен теплопроводностью имеет место в материальных слоях ограждающих конструкций здания.

Теплопередача конвекцией и излучением происходит в воздушных прослойках а также поверхностей, отделяющих конструкцию от внутреннего и наружного воздуха.Термическое сопротивление воздушной прослойки. Для внесения единообразия сопротивление теплопередаче замкнутых воздушных прослоек, расположенных между слоями ограждающей конструкции, называют термическим сопротивлением. Термическое сопротивление слоя - это сопротивление теплопроводности, равное разности температуры на противоположных поверхностях слоя при прохождении через него теплового потока с поверхностной плотностью  $1 \text{ Вт/м}^2$ .

## Воздухопроницаемость

Воздухопроницаемостью называется свойство строительных материалов и ограждающих конструкций пропускать сквозь себя поток воздуха, воздухопроницаемостью считают также расход воздуха в кг, который проходит через 1м<sup>2</sup> ограждения за час G, кг/ (м<sup>2</sup>. ч).

Воздухопроницанием через ограждения называют процесс проникновения воздуха сквозь их не плотности. Проникновение воздуха снаружи внутрь помещений называется инфильтрацией, а из помещения наружу - экс фильтрацией.

## Конвекция

Конвекция - перенос теплоты движущимися частицами вещества. Конвекция имеет место только в жидких и газообразных веществах, а также между жидкой или газообразной средой и поверхностью твердого тела. При этом происходит передача теплоты и теплопроводностью. Совместное воздействие конвекции и теплопроводности в пограничной области у поверхности называют конвективным теплообменом. Конвекция имеет место на наружной и внутренней поверхностях ограждений здания. В теплообмене внутренних поверхностей помещения конвекция играет существенную роль. При различных значениях температуры поверхности и прилегающего к ней воздуха происходит переход теплоты в сторону меньшей температуры. Тепловой поток, передаваемый конвекцией, зависит от режима движения жидкости или газа, омывающих поверхность, от температуры, плотности и вязкости движущейся среды, от шероховатости поверхности, от разности между температурами поверхности и омывающей ее среды.

## Излучение

Излучение (лучистый теплообмен) - перенос теплоты с поверхности на поверхность через лучепрозрачную среду электромагнитными волнами, трансформирующимися в теплоту.

Процесс переноса теплоты из одной точки пространства в другую за счет разности температуры называется теплопередачей и является собирательным, так как включает в себя три элементарных вида

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						38
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		

теплообмена: теплопроводность (кондукцию), конвекцию и излучение. Таким образом, потенциалом переноса теплоты является разность температуры.

Методы теплотехнического расчета делятся на два вида, при стационарном и не стационарном тепловом потоке. Стационарные условия теплопередачи характеризуются постоянством во времени величины теплового потока и температуры ограждения, в нестационарных условиях величины теплового потока и температуры ограждения изменяются с течением времени.

Для расчета в стационарных условиях в основном используют расчет сопротивления теплопередачи ограждения, а так же плоские и пространственные температурные поля.

Для расчета в нестационарных условиях используют методы конечных разностей.

Важную роль в теплотехническом расчете играют граничные условия.

Граничные условия разделяются на временные и пространственные.

Временные граничные условия состоят в задании начального распределения температуры, т.е. распределения температуры в момент времени  $z=0$ . Пространственные граничные условия относятся к поверхностям, ограничивающим данную среду, различают три рода граничных условий:

- Граничное условие 1 рода заданы распределение температуры на поверхности и ее изменение во времени. Это условие является наиболее простым, но в практике встречается редко.

- Граничное условие 2 рода заданы величины теплового потока, проходящего через поверхность, и его изменения во времени.

Следовательно, в этом случае известен угол наклона касательной к температурной кривой в точке ее пересечения с поверхностью, но не величина температуры этой поверхности.

- Граничное условие 3 рода-заданы температура среды, окружающей поверхность(обычно воздуха или жидкости),и закон теплообмена между поверхностью и окружающей средой. Это граничное условие наиболее сложное и вместе с тем наиболее распространённое в практических случаях.

Для расчета отдельных элементов в моем случае это светопрозрачная конструкция будем пользоваться программой ELCUT 6.0, в ней мы решим задачи теплопередачи (расчет температурного поля), найдем необходимые нам значения. Эти значения мы применим в формуле (1):

$$R_o^{np} = \frac{l}{\frac{l}{R_o^{ysl}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{l}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \quad (1)$$

И по ней мы найдем приведенное сопротивление теплопередачи, сравним с уже имеющимися таблицами расчетов значений удельных потерь теплоты через неоднородности ограждающих конструкций в Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003" под названием "Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче" с таблицами теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций.

Для расчетов будут приниматься основные типы конструкций, которые используются на Южном Урале:

#### 1. Стены:

- Крупнопанельные
- 3-х слойные (мелкоштучные эл.-утеплитель-мелкоштучные эл.)
- Монолитная стена+утеплитель

## 2. Фасадная система:

— Мокрый фасад

— Вентилируемый фасад

По итогам расчетов я получу приведенное сопротивление теплопередачи и сравню его с сопротивлением теплопередачи, которые рекомендуются в нормативной литературе. Сделаю заключение о оптимизации использования строительных материалов в светопрозрачной конструкции и примыкающей к ней стене, покажу пути оптимизации конструктивных решений, а также сделаю заключение о возможности изменения светопрозрачных конструкций для улучшения их энергоэффективности.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						41
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		



## 1.2 ИССЛЕДОВАНИЕ И НАУЧНАЯ РАБОТА

### 1.2.1 ОПРЕДЕЛЕНИЕ МЕТОДИКИ ПРОВОДИМОГО ЭКСПЕРИМЕНТА.

Методика проводимого эксперимента заключается в нахождении приведенного сопротивления теплопередачи нескольких типов оконных светопрозрачных конструкций.

Этапы исследовательской работы:

- Выбор основных типов стеновых конструкций, которые широко применяются в строительной отрасли;
- Совместное применение различных типов фасадов (мокрый и вентилируемый фасад) с типами стеновых конструкций;
- Выбор основных факторов, которые будут влиять на конечное значение приведенного сопротивления теплопередаче;
- Далее меняя(группируя) типы стен и типы фасадов с вариацией основных факторов создаем модели светопрозрачных конструкций в программе REVIT;
- Производим расчет температурных полей каждой модели светопрозрачных конструкций в программе ELCUT 6.0;
- После выполнения расчета температурных полей переходим к обработке результатов расчета, рис. 6, 7, 8:

5.3 Приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания  $R_o^{np}$ ,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ , следует определять по формуле (5.1). Оформлять расчет приведенного сопротивления теплопередаче следует в соответствии с п.п. Е.6 СП 50.13330.2012.

$$R_o^{np} = \frac{l}{\frac{l}{R_o^{усл}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{l}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} \quad (5.1)$$

где  $l_j$ ,  $n_k$  – геометрические характеристики элементов, определяемые для конкретного проекта, описание и правила нахождения даны в Разделе 6;

$\Psi_j$ ,  $\chi_k$  – удельные потери теплоты через элементы, описание и правила нахождения даны в Разделе 6;

$R_o^{усл}$  – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции,  $m^2 \cdot ^\circ C / Вт$ ;

$U_i$  – коэффициент теплопередачи однородной  $i$ -той части фрагмента теплозащитной оболочки здания (удельные потери теплоты через плоский элемент  $i$  – го вида),  $Вт/(m^2 \cdot ^\circ C)$ .

$$U_i = \frac{l}{R_{o,i}^{усл}} \quad (5.2)$$

$a_i$  – площадь плоского элемента конструкции  $i$  – го вида, приходящаяся на  $1 m^2$  фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции,  $m^2/m^2$ ;

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} \quad (5.3)$$

Рис. 6 Методика расчета из СП 50.13330.2012

где  $A_i$  – площадь  $i$ -той части фрагмента,  $\text{м}^2$ ;

5.4 Осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания определяется по формуле

$$R_o^{ус} = \frac{\sum A_i}{\sum \frac{A_i}{R_{o,i}^{ус}}} = \frac{1}{\sum a_i U_i} \quad (5.4)$$

где  $R_{o,i}^{ус}$  – условное сопротивление теплопередаче однородной части фрагмента теплозащитной оболочки здания  $i$ -го вида,  $\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ , которое определяется либо экспериментально либо расчетом по формуле

$$R_{o,i}^{ус} = \frac{1}{\alpha_n} + \sum_s R_s + \frac{1}{\alpha_v} \quad (5.5)$$

где  $\alpha_n$ ,  $\alpha_v$  – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхности ограждающей конструкции соответственно,  $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемый принимается по таблице 4 СП 50.13330.2012;

$R_s$  – термическое сопротивление слоя однородной части фрагмента,  $(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})/\text{Вт}$ , определяемое для неветилируемых воздушных прослоек по таблице 1, для материальных слоев по формуле

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} \quad (5.6)$$

$\delta_s$  – толщина слоя, м;

$\lambda_s$  – теплопроводность материала слоя,  $\text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$ , принимаемая по результатам испытаний в аккредитованной лаборатории; при отсутствии таких данных она оценивается по приложению С СП 50.13330.2012.

Таблица 1

Толщина воздушной прослойки, м	Термическое сопротивление замкнутой воздушной прослойки, м <sup>2</sup> · °C/Вт			
	горизонтальной при потоке тепла снизу вверх и вертикальной		горизонтальной при потоке тепла сверху вниз	
	при температуре воздуха в прослойке			
	положитель- ной	отрицательной	положитель- ной	отрицательной
0,01	0,13	0,15	0,14	0,15
0,02	0,14	0,15	0,15	0,19
0,03	0,14	0,16	0,16	0,21
0,05	0,14	0,17	0,17	0,22
0,1	0,15	0,18	0,18	0,23
0,15	0,15	0,18	0,19	0,24
0,2 - 0,3	0,15	0,19	0,19	0,24

П р и м е ч а н и е - При оклейке одной или обеих поверхностей воздушной прослойки алюминиевой фольгой термическое сопротивление следует увеличивать в 2 раза.

5.5 Коэффициент теплотехнической однородности,  $r$ , вспомогательная величина, характеризующая эффективность утепления конструкции, определяется по формуле

$$r = \frac{R_o^{сп}}{R_o^{ус}} \quad (5.7)$$

[СП 50.13330.2012 Приложение Е пункты Е.1, Е.2, Таблица Е.1]

Рис. 7 Методика расчета из СП 50.13330.2012

6.2 Удельные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность определяются по результатам расчета двухмерного температурного поля узла конструкций при температуре внутреннего воздуха  $t_{в}$  и температуре наружного воздуха  $t_{н}$ .

$$\Psi_j = \frac{\Delta Q_j^L}{t_{в} - t_{н}}, \quad (6.1)$$

где  $\Delta Q_j^L$  – дополнительные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида, приходящиеся на 1 п.м, Вт/м, определяемые по формуле

$$\Delta Q_j^L = Q_j^L - Q_{j,1} - Q_{j,2} \quad (6.2)$$

где  $Q_j^L$  – потери теплоты через расчетную область с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида, приходящиеся на 1 п.м стыка, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт/м;

$Q_{j,1}$ ,  $Q_{j,2}$  – потери теплоты через участки однородных частей фрагмента, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля области с линейной теплотехнической неоднородностью  $j$ -го вида, Вт/м, определяемые по формулам:

$$Q_{j,1} = \frac{t_{в} - t_{н}}{R_{o,j,1} \cdot l_m} \cdot S_{j,1} \quad Q_{j,2} = \frac{t_{в} - t_{н}}{R_{o,j,2} \cdot l_m} \cdot S_{j,2} \quad (6.3)$$

где  $S_{j,1}$ ,  $S_{j,2}$  – площади однородных частей конструкции, вошедшие в расчетную область при расчете температурного поля, м<sup>2</sup>.

При этом величина  $S_{j,1} + S_{j,2}$  равна площади расчетной области при расчете температурного поля.

$\Psi_j$  – удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность  $j$ -го вида, Вт/(м°С).

6.3 Удельная геометрическая характеристика линейного теплозащитного элемента,  $l_j$ , м/м<sup>2</sup>, есть отношение суммарной протяженности  $j$ -го элемента в исследуемой конструкции,  $L_j$ , м, к общей площади конструкции  $A$ , м<sup>2</sup>.

6.4 Удельные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида определяются по результатам расчета трехмерного температурного поля участка конструкции, содержащего точечную теплотехническую неоднородность, по формуле

$$\chi_k = \frac{\Delta Q_k^K}{t_{в} - t_{н}}, \quad (6.4)$$

где  $\Delta Q_k^K$  – дополнительные потери теплоты через точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, Вт, определяемые по формуле

$$\Delta Q_k^K = Q_k - \tilde{Q}_k, \quad (6.5)$$

где  $Q_k$  – потери теплоты через узел, содержащий точечную теплотехническую неоднородность  $k$ -го вида, являющиеся результатом расчета температурного поля, Вт;

Рис. 8 Методика расчета из СП 50.13330.2012

## 1.2.2 ИСПОЛЬЗОВАНИЕ КОМПЬЮТЕРНЫХ ПРОГРАММ ДЛЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

ПК AutoDesk AutoCAD 2015 – для выполнения графического материала;  
ПК Microsoft Office Word 2015 – для оформления пояснительной записки;  
ПК Microsoft Office Excel 2015 – для оформления таблиц;  
ПК AutoDesk Revit 2015 – для выполнения графического 3D материала;  
ПК ELCUT 6.0 – для создания моделей и определения методики исследования.

Коротко об используемых программах:

— ПК AutoDesk AutoCAD 2015 - двух- и трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения, разработанная компанией Autodesk

Ранние версии AutoCAD оперировали небольшим числом элементарных объектов, такими как круги, линии, дуги и текст, из которых составлялись более сложные. В этом качестве AutoCAD заслужил репутацию «электронного кульмана», которая остаётся за ним и поныне. Однако на современном этапе возможности AutoCAD весьма широки и намного превосходят возможности «электронного кульмана».

В области двумерного проектирования AutoCAD 2015 по-прежнему позволяет использовать элементарные графические примитивы для получения более сложных объектов. Кроме того, программа предоставляет весьма обширные возможности работы со слоями и аннотативными объектами (размерами, текстом, обозначениями). Использование механизма внешних ссылок (XRef) позволяет разбивать чертеж на составные файлы, за которые ответственны различные разработчики, а динамические блоки расширяют возможности автоматизации 2D-проектирования обычным пользователем без использования программирования. Начиная с версии 2010 в AutoCAD реализована поддержка двумерного параметрического черчения. В версии 2014 появилась возможность динамической связи чертежа с реальными картографическими данными (GeoLocation API).

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						45
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

Текущая версия программы (AutoCAD 2015) включает в себя полный набор инструментов для комплексного трёхмерного моделирования (поддерживается твердотельное, поверхностное и полигональное моделирование). AutoCAD 2015 позволяет получить высококачественную визуализацию моделей с помощью системы рендеринга mental ray. Также в программе реализовано управление трёхмерной печатью (результат моделирования можно отправить на 3D-принтер) и поддержка облаков точек (позволяет работать с результатами 3D-сканирования). Тем не менее следует отметить, что отсутствие трёхмерной параметризации не позволяет AutoCAD напрямую конкурировать с машиностроительными САПР среднего класса, такими как Inventor, SolidWorks и другими<sup>[5]</sup>. В состав AutoCAD 2015 включена программа Inventor Fusion, реализующая технологию прямого моделирования.

— **Microsoft Office Word 2015** - текстовый процессор, предназначенный для создания, просмотра и редактирования текстовых документов, с локальным применением простейших форм таблично-матричных алгоритмов. Выпускается корпорацией Microsoft в составе пакета Microsoft Office. Первая версия была написана Ричардом Броди (Richard Brodie) для IBM PC, использующих DOS, в 1983 году. Позднее выпускались версии для Apple Macintosh (1984), SCO UNIX и Microsoft Windows (1989). Текущей версией является Microsoft Office Word 2015 для Windows и Microsoft Office Word 2011 для Mac.

Microsoft Word является наиболее популярным из используемых в данный момент текстовых процессоров, что сделало его бинарный формат документа стандартом де-факто, и многие конкурирующие программы имеют поддержку совместимости с данным форматом. Расширение «.doc» на платформе IBM PC стало синонимом двоичного формата Word 97—2000. Фильтры экспорта и импорта в данный формат присутствуют в большинстве текстовых процессоров. Формат документа разных версий Word меняется, различия бывают довольно тонкими. Форматирование,

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		46

нормально выглядящее в последней версии, может не отображаться в старых версиях программы, однако есть ограниченная возможность сохранения документа с потерей части форматирования для открытия в старых версиях продукта. Последняя версия MS Word 2015 «использует по умолчанию» формат, основанный на XML, — Microsoft Office Open XML. Спецификации форматов файлов Word 97-2007 были опубликованы Microsoft в 2008 году<sup>[1][2]</sup>. Ранее большая часть информации, нужной для работы с данным форматом, добывалась посредством обратного инжиниринга, поскольку основная её часть отсутствовала в открытом доступе или была доступна лишь ограниченному числу партнёров и контролирующих организаций.

Как и прочие приложения из Microsoft Office, Word 2015 может расширять свои возможности посредством использования встроенного макроязыка (сначала использовался WordBasic, с версии Word 97 применяется VBA — Visual Basic для приложений).

— **Microsoft Office Excel 2015** - программа для работы с электронными таблицами, созданная корпорацией Microsoft для Microsoft Windows, Windows NT и Mac OS. Она предоставляет возможности экономико-статистических расчетов, графические инструменты и, за исключением Excel 2008 под Mac OS X, язык макропрограммирования VBA (*Visual Basic for Application*). Microsoft Excel входит в состав Microsoft Office и на сегодняшний день Excel является одним из наиболее популярных приложений в мире. Microsoft Excel 2015 может работать с четырьмя основными типами документов: рабочим листом (электронной таблицей), рабочей книгой, диаграммой, макротаблицей. После загрузки табличного процессора на экране будет представлена открытая чистая книга. Рабочий лист предназначен для организации и анализа данных. Одновременно на нескольких листах данные можно вводить, править, делать с ними вычисления. В книгу можно вставить листы диаграмм для графического представления данных и модули для создания макросов, используемых при выполнении специальных задач. Рабочая книга - основной документ Excel. Она представляет собой электронный эквивалент папки-скоросшивателя. Книга состоит из листов,

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		47



имена которых выводятся на ярлычках в нижней части экрана. По умолчанию книга открывается с 16 рабочими листами: Лист 1, Лист 2, ... Лист 20, однако их число можно увеличить или уменьшить. В книгу можно поместить несколько различных типов документов, например рабочий лист с электронной таблицей, лист диаграмм, лист макросов и т. п. Диаграмма представляет собой графическое изображение связей между числами электронной таблицы. Она позволяет показать количественное соотношение между величинами.

Макротаблица (макрос) - это последовательность команд, которую приходится постоянно выполнять пользователю в повседневной работе. Макросы позволяют автоматизировать операции, часто встречаются. После загрузки программы Excel на экране появляется окно, состоящее из стандартных элементов: строки заголовка, строки меню, панелей инструментов (пиктографического меню), строки ввода, рабочего листа (окна документа), полос прокрутки, строки состояния. По умолчанию программа использует параметры, являющиеся активными после установки Excel. Все эти параметры пользователь может изменить с помощью диалогового окна Параметры меню Сервис.

— **AutoDesk Revit 2015** - программный комплекс, реализующий принцип информационного моделирования зданий (Building Information Modeling, BIM). Предназначен для архитекторов, проектировщиков несущих конструкций и инженерных систем. Предоставляет возможности трехмерного моделирования элементов здания и плоского черчения элементов оформления, создания пользовательских объектов, организации совместной работы над проектом, начиная от концепции и заканчивая выпуском рабочих чертежей и спецификаций.

База данных Revit может содержать информацию о проекте на различных этапах жизненного цикла здания, от разработки концепции до строительства и снятия с эксплуатации (4D BIM)

С момента приобретения Revit компания Autodesk разработала три версии Revit для различных стадий проектирования зданий:

- Revit Architecture, для архитекторов и дизайнеров зданий.
- Revit Structure, для проектировщиков несущих конструкций.
- Revit MEP, для инженеров электроснабжения, вентиляции и водоснабжения.

Начиная с версии 2013 данные три продукта объединены в один программный комплекс Revit. Также с данной версии доступен Revit LT с урезанными возможностями 3D-моделирования.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						48
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		

Revit доступен для заказа как самостоятельный продукт, либо как часть пакета программ Autodesk Building Design Suite версий Platinum и Ultimate. Доступна полнофункциональная 30-дневная пробная версия.

В версии 2015 прекращена поддержка 32-битных версий Windows<sup>[4]</sup>.

В целом работа в Revite идет следующим образом: общая трехмерная модель здания условно разбивается на рабочие плоскости, откуда берутся все анализируемые элементы (колонны, стены, фундаменты, перекрытия). Элементы берутся из загруженных семейств (в программе предусмотрена возможность создания своих семейств).

— **ELCUT 6.0** - это компьютерная программа для проведения инженерного анализа и двумерного моделирования методом конечных элементов (МКЭ). Компьютерное моделирование и численный анализ в промышленности позволяет избежать дорогостоящих и длительных натурных испытаний, ускоряет, дополняет и иллюстрирует процесс проектирования и разработки, способствует развитию инженерной интуиции

Программа ELCUT существует и развивается на протяжении более 20 лет и является популярной CAE-программой среди преподавателей и инженеров.

Модули ELCUT позволяют проводить анализ физических полей и получать решение связанных междисциплинарных задач в таких видах анализа:

- магнитное поле переменных токов;
- магнитное поле постоянных токов и/или постоянных магнитов;
- нестационарное магнитное поле;
- электростатическое поле;
- электрическое поле постоянных токов;
- электрическое поле переменных токов;
- нестационарное электрическое поле;
- стационарное и нестационарное температурное поле;
- механические напряжения и упругие деформации.

ELCUT 6.0 является проприетарным программным обеспечением и распространяется как коммерческая программа «ELCUT Профессиональный» на условиях EULA. Имеется бесплатная (freeware) программа для студенческого и демонстрационного применения «ELCUT Студенческий».

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		49



Программа ELCUT сопрягается с известными CAD-системами через импорт и экспорт файлов в формате \*.dxf.

Программа ELCUT может быть встроена в другую программу или связана с внешней программой. Взаимодействие между ядром ELCUT и другими программами может быть реализовано двумя способами: на низком уровне через объектную модель ELCUT, названную ActiveField, и на высоком уровне через параметрический интерфейс с использованием утилиты LabelMover

#### Основные возможности:

1. Модуль магнитное поле переменных токов предназначен для расчёта магнитного поля, возбуждаемого синусоидальным током заданной частоты с учётом вихревых токов (вытеснения тока и эффекта близости). Для этого модуля обеспечено также совместное решение полевой задачи с присоединённой электрической цепью. Используется для расчётов установок индукционного нагрева, трансформаторов, реакторов, электрических машин, исполнительных механизмов, задач ЭМС и электромагнитной экологии.
2. Модуль магнитостатика предназначен для расчёта магнитного поля постоянных токов и/или постоянных магнитов с учётом насыщения ферромагнитных материалов. Примерами таких расчётов являются исполнительные механизмы, электрические машины, магнитные экраны, приборы с постоянными магнитами.
3. Модуль нестационарное магнитное поле предназначен для расчёта переходных процессов в электромагнитных устройствах. Этот вид анализа может включать учёт совместного действия переменных (в т.ч. импульсных) нагрузок и постоянных магнитов, а также совместное решение полевой задачи с присоединённой электрической цепью. Используется для расчёта работы двигателей от преобразователей, анализа влияния импульсных нагрузок и перенапряжений, систем с подмагничиванием и т.д.
4. Модуль электростатика предназначен для расчёта электростатического поля, вызванного приложенным потенциалом, объёмными, поверхностными и точечными зарядами. Используется для анализа электроизоляционных конструкций, экранов, электрической прочности изоляционных систем, ёмкости системы проводников, электромагнитной экологии.
5. Модуль электрическое поле постоянных токов предназначен для расчета растекания постоянных токов в проводящих массивах. Используется для расчёта заземлителей, печатных плат, массивных шин, токов утечки изоляционных конструкций.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата		50

6. Модуль электрическое поле переменных токов предназначен для расчёта электрических полей, вызванных переменными напряжениями, с учётом токов утечки. Используется для изоляционных конструкций, кабелей, кабельной арматуры, конденсаторов, высоковольтной изоляции.
7. Модуль нестационарное электрическое поле предназначен для расчёта электрических полей, вызванных импульсными напряжениями. Учитывает нелинейные физические свойства диэлектриков. Применяется при расчёте сложных систем изоляции, варисторов, ограничителей перенапряжений, нелинейных экранов и т.п.
8. Модуль теплопередача предназначен для расчёта переходного и установившегося температурного поля с учётом конвективного и радиационного теплообмена. Используется для анализа систем обогрева и систем охлаждения.
9. Модуль упругие деформации может быть использован для расчёта механических напряжений в различных устройствах. Например, строительные конструкции, техника высокого давления, отдельные узлы механических систем.

### 1.2.3 ОПРЕДЕЛЕНИЕ ИСХОДНЫХ ДАННЫХ, ПОЛУЧЕНИЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ДАННЫХ

Исходными данными для моделирования и проведения эксперимента будут основные конструктивные характеристики оконной конструкции и оконного проема, которые нужны для создания моделей и расчета температурных полей, а в дальнейшем и для анализа. Они разделены на факторы влияния по типам, которые могут влиять на энергоэффективность светопрозрачной конструкции.

Факторы влияния на энергоэффективность светопрозрачных конструкций:

1. Толщина стены
2. Материал стены
3. Утепление наружной стены
4. Фасадная система (утепление в центра, утепление типа: мокрый фасад, утепление типа: вентилируемый фасад)
5. Материал утепления наружной стены (фасада)
6. Положение оконной коробки в проеме
7. Утепление наружного откоса
8. Утепление внутреннего откоса

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						51
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

9. Угол оконного откоса
10. Материал дистанционной рамки
11. Ширина межстекольного пространства
12. Заполнение стеклопакета
13. Количество стекол
14. Толщина профиля оконной рамы
15. Энергосберегающая i-покрытие
16. Штукатурный слой
17. Наличие зуба

Комбинируя все факторы мы получим много всевозможных модификаций примыканий стены к окну. Произведем расчет температурных полей каждой из оконной конструкции.

**В диссертации для расчета мы возьмем 6 факторов которые будут иметь изменяемые значения:**

1. Постоянный. При составлении таблиц предполагалось, что пространство между стеной и рамой окна запенивается. **Толщина слоя пены 20 мм.**
2. Внутренний штукатурный слой. **Толщина слоя 15 мм.**
3. Наружный откос **100 мм (120 мм если кирпич).**
4. Толщина стены (кладки),  $d_{кл}$  мм (изменяемая величина)
5. Теплопроводность кладки (меняется в зависимости от разного материала кладки),  $\lambda_{кл}$  Вт/(м\*С)
6. Теплопроводность кладки (меняется в зависимости от разного материала утеплителя),  $\lambda_{ут}$  Вт/(м\*С)
7. Толщина рамы,  $d_r$  мм (60, 70 мм)
8. Наличие зуба (нахлест утеплителя) при установке окна,  $d_z$  мм (0, 20, 60 мм)
9. Толщина утеплителя,  $d_{ут}$  мм (50, 100 мм)

**Для расчетов возьмем 3 типа стен:**

- Крупнопанельная стена
- Стена с наружным утеплением (мокрый фасад и вентилируемый фасад)
- Трехслойная стена из мелкоштучных элементов

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		52

**Составим таблицу расчетных характеристик материалов стеновых конструкций согласно СП 50.13330.2012:**

Таб. 2 Теплотехнические характеристики материалов

N	Материал	Границы теплопроводности, $\lambda$ Вт/(м*С)
1	Железобетон	1.69
2	Утеплитель	0.029-0.049
3	Внутр. штукатурный слой	1.21
4	Кладка из мелкоштучных изоляционных элементов (кирпич, легкобетонные блоки)	0.30-0.70
5	Профиль ПВХ	0.16
6	Стекло	0.76
7	Монтажная пена	0.05
8	Воздушная прослойка (аргон)	0.016

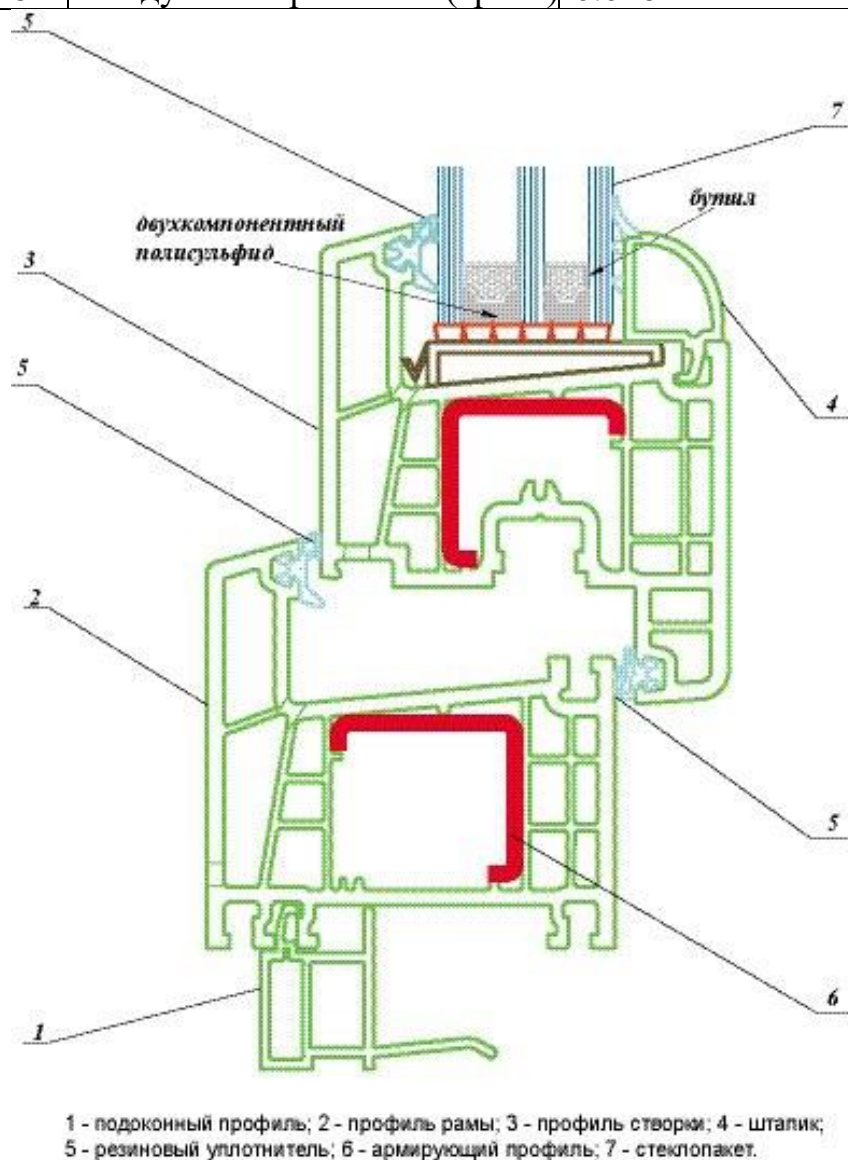


Рис. 9 Конструкция профиля рамы

Для выполнения расчета температурных полей в расчетной программе выполним следующее:

- 1) Создадим геометрию узлов
- 2) Назначим материалы
- 3) Зададим граничные условия:
  - а) Температура окружающего воздуха  $t_{\text{в}} = +20^{\circ}\text{C}; t_{\text{н}} = -32^{\circ}\text{C}$
  - б) Коэффициенты теплоотдачи внутренней поверхности:
    - для стены  $\alpha_{\text{в}} = 8.7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$
    - для окна  $\alpha_{\text{в}} = 8 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$
    - для наружной поверхности  $\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^{\circ}\text{C})$
- 4) Далее выполняется расчет температурных полей

#### 1.2.4 АНАЛИЗ, ОБРАБОТКА ДАННЫХ И ИХ РАСЧЕТЫ

Составим таблицы удельной потери теплоты  $\Psi_j$ , для узла примыкания оконного блока к стене

##### 1) Ж.Б. крупнопанельная стена

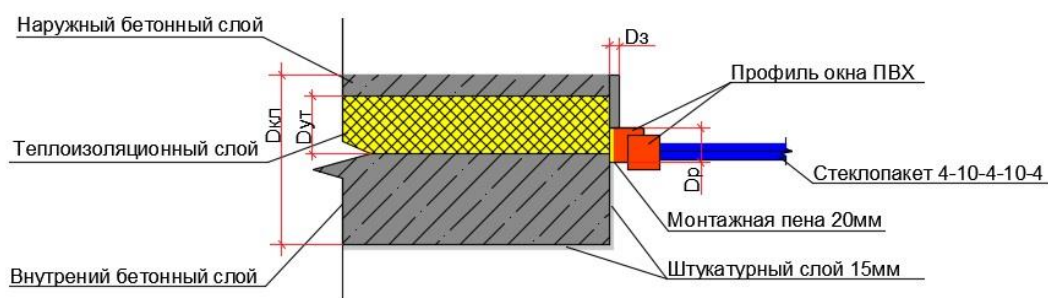


Рис. 10 Ж.Б. крупнопанельная стена

Для рамы  $d_p = 60 \text{ мм}$

$d_3 = 0 \text{ мм}$			
$d_{\text{кл}} (\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}} = 0.029$	$\lambda_{\text{ут}} = 0.039$	$\lambda_{\text{ут}} = 0.049$
$d_{\text{кл}} (300 = 50 + 100 + 150)$	$\Psi_1 = 0.002$	$\Psi_2 = 0.006$	$\Psi_3 = 0.011$
$d_{\text{кл}} (350 = 50 + 150 + 150)$	$\Psi_4 = 0$	$\Psi_5 = 0.005$	$\Psi_6 = 0.009$
$d_{\text{кл}} (400 = 50 + 150 + 200)$	$\Psi_7 = 0$	$\Psi_8 = 0.002$	$\Psi_9 = 0,014$
$d_3 = 60 \text{ мм}$			
$d_{\text{кл}} (\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}} = 0.029$	$\lambda_{\text{ут}} = 0.039$	$\lambda_{\text{ут}} = 0.049$
$d_{\text{кл}} (300 = 50 + 100 + 150)$	$\Psi_{10} = 0$	$\Psi_{11} = 0.001$	$\Psi_{12} = 0.003$
$d_{\text{кл}} (350 = 50 + 150 + 150)$	$\Psi_{13} = 0$	$\Psi_{14} = 0$	$\Psi_{15} = 0.003$
$d_{\text{кл}} (400 = 50 + 150 + 200)$	$\Psi_{16} = 0$	$\Psi_{17} = 0.001$	$\Psi_{18} = 0.005$

Таб. 3. Значение  $\Psi$  ж.б. крупнопанельной стены (начало)

Для рамы  $d_p=70\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(300 = 50 + 100 + 150)$	$\Psi_{19}=0.002$	$\Psi_{20}=0.005$	$\Psi_{21}=0.010$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 150 + 150)$	$\Psi_{22}=0$	$\Psi_{23}=0.003$	$\Psi_{24}=0.008$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 150 + 200)$	$\Psi_{25}=0$	$\Psi_{26}=0.004$	$\Psi_{27}=0.010$
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(300 = 50 + 100 + 150)$	$\Psi_{28}=0$	$\Psi_{29}=0.001$	$\Psi_{30}=0.004$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 150 + 150)$	$\Psi_{31}=0$	$\Psi_{32}=0$	$\Psi_{33}=0$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 150 + 200)$	$\Psi_{34}=0$	$\Psi_{35}=0.002$	$\Psi_{36}=0.005$

Таб. 3. Значение  $\Psi$  для ж.б. крупнопанельной стены (продолжение)

## 2) Монолитная стена с наружным утеплителем (мокрый фасад)

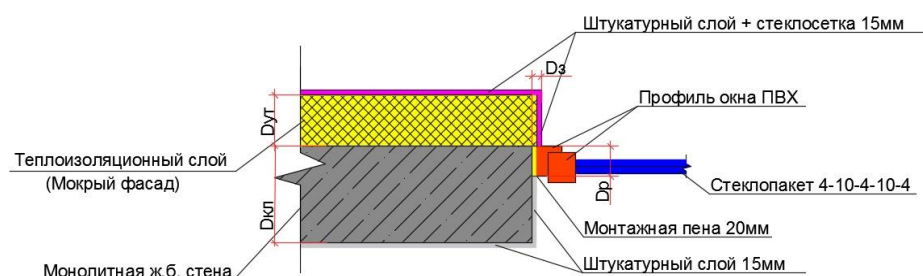


Рис. 11 Монолитная стена с наружным утеплением типа мокрый фасад  
Для рамы  $d_p=60\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_1 = 0.361$	$\Psi_2=0.408$	$\Psi_3=0.434$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_4=0.455$	$\Psi_5=0.486$	$\Psi_6=0.544$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_7=0.077$	$\Psi_8=0.089$	$\Psi_9=0.096$
$d_3 = 20\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{10}=0.182$	$\Psi_{11}=0.199$	$\Psi_{12}=0.201$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{13}=0.212$	$\Psi_{14}=0.252$	$\Psi_{15}=0.289$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{16}=0.002$	$\Psi_{17}=0.004$	$\Psi_{18}=0.010$
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{19}=0.109$	$\Psi_{20}=0.121$	$\Psi_{21}=0.154$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{22}=0.145$	$\Psi_{23}=0.176$	$\Psi_{24}=0.230$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{25}=0$	$\Psi_{26}=0$	$\Psi_{27}=0.001$

Таб. 4. Значение  $\Psi$  для монолитной стены(мокрый фасад)(начало)

Для рамы  $d_p=70\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{28}=0.333$	$\Psi_{29}=0.379$	$\Psi_{30}=0.408$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{31}=0.443$	$\Psi_{32}=0.499$	$\Psi_{33}=0.509$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{34}=0.087$	$\Psi_{35}=0.096$	$\Psi_{36}=0.101$
$d_3 = 20\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{37}=0.199$	$\Psi_{38}=0.205$	$\Psi_{39}=0.219$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{40}=0.223$	$\Psi_{41}=0.266$	$\Psi_{42}=0.299$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{43}=0.002$	$\Psi_{44}=0.005$	$\Psi_{45}=0.015$
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{46}=0.081$	$\Psi_{47}=0.101$	$\Psi_{48}=0.134$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{49}=0.131$	$\Psi_{50}=0.165$	$\Psi_{51}=0.218$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{52}=0$	$\Psi_{53}=0$	$\Psi_{54}=0.001$

Таб. 4. Значение  $\Psi$  для монолитной стены(мокрый фасад)(продолжение)

### 3) Монолитная стена с наружным утеплителем (вентилируемый фасад)

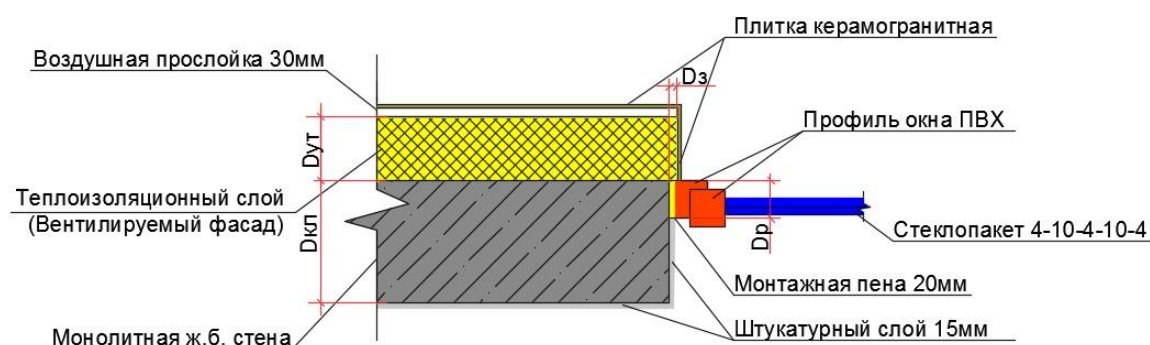


Рис. 12 Монолитная стена с наружным утеплением типа вент. фасад



Для рамы  $d_p=60\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_1 = 0.329$	$\Psi_2=0.338$	$\Psi_3=0.348$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_4=0.422$	$\Psi_5=0.456$	$\Psi_6=0.501$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_7=0.075$	$\Psi_8=0.082$	$\Psi_9=0.091$
$d_3 = 20\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{10}=0.176$	$\Psi_{11}=0.181$	$\Psi_{12}=0.187$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{13}=0.199$	$\Psi_{14}=0.232$	$\Psi_{15}=0.267$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{16}=0.002$	$\Psi_{17}=0.003$	$\Psi_{18}=0.005$
Таб. 5. Значение $\Psi$ для монолитной стены(вент. фасад)(начало)			
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{19}=0.101$	$\Psi_{20}=0.109$	$\Psi_{21}=0.123$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{22}=0.122$	$\Psi_{23}=0.145$	$\Psi_{24}=0.198$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{25}=0$	$\Psi_{26}=0$	$\Psi_{27}=0.001$

Для рамы  $d_p=70\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{28}=0.297$	$\Psi_{29}=0.307$	$\Psi_{30}=0.321$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{31}=0.400$	$\Psi_{32}=0.432$	$\Psi_{33}=0.487$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{34}=0.045$	$\Psi_{35}=0.070$	$\Psi_{36}=0.085$
$d_3 = 20\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{37}=0.125$	$\Psi_{38}=0.167$	$\Psi_{39}=0.181$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{40}=0.165$	$\Psi_{41}=0.211$	$\Psi_{42}=0.232$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{43}=0.002$	$\Psi_{44}=0.003$	$\Psi_{45}=0.004$
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$
$d_{\text{кл}}(350 = 50 + 300)$	$\Psi_{46}=0.066$	$\Psi_{47}=0.151$	$\Psi_{48}=0.177$
$d_{\text{кл}}(400 = 50 + 350)$	$\Psi_{49}=0.101$	$\Psi_{50}=0.121$	$\Psi_{51}=0.169$
$d_{\text{кл}}(450 = 100 + 350)$	$\Psi_{52}=0$	$\Psi_{53}=0$	$\Psi_{54}=0.001$

Таб. 5. Значение  $\Psi$  для монолитной стены(вент. фасад)(продолжение)



4) Трехслойная стена из мелкоштучных элементов (кирпич, легкобетонные блоки)

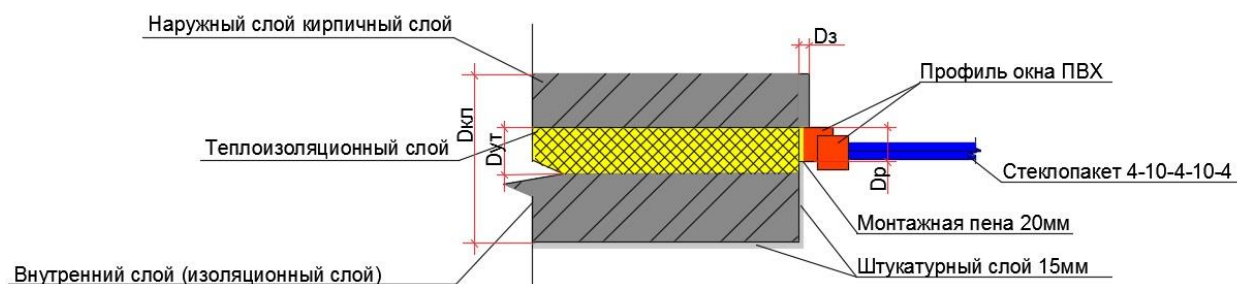


Рис. 13 Трехслойная стена из мелкоштучных элементов

Для рамы  $d_p=60\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{кл}(\text{мм})$	$\lambda_{ут}=0.029$ $\lambda_{кл}=0.030$	$\lambda_{ут}=0.039$ $\lambda_{кл}=0.050$	$\lambda_{ут}=0.049$ $\lambda_{кл}=0.070$
$d_{кл}(370 = 120 + 50 + 200)$	$\Psi_1=0.0023$	$\Psi_2=0.0056$	$\Psi_3=0.0121$
$d_{кл}(420 = 120 + 100 + 200)$	$\Psi_4=0.001$	$\Psi_5=0.003$	$\Psi_6=0.005$
$d_{кл}(470 = 120 + 50 + 300)$	$\Psi_7=0.0053$	$\Psi_8=0.0076$	$\Psi_9=0.018$
$d_{кл}(520 = 120 + 100 + 300)$	$\Psi_{10}=0.004$	$\Psi_{11}=0.007$	$\Psi_{12}=0.011$
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{кл}(\text{мм})$	$\lambda_{ут}=0.029$ $\lambda_{кл}=0.030$	$\lambda_{ут}=0.039$ $\lambda_{кл}=0.050$	$\lambda_{ут}=0.049$ $\lambda_{кл}=0.070$
$d_{кл}(370 = 120 + 50 + 200)$	$\Psi_{13}=0.001$	$\Psi_{14}=0.003$	$\Psi_{15}=0.007$
$d_{кл}(420 = 120 + 100 + 200)$	$\Psi_{16}=0$	$\Psi_{17}=0$	$\Psi_{18}=0$
$d_{кл}(470 = 120 + 50 + 300)$	$\Psi_{19}=0.004$	$\Psi_{20}=0.008$	$\Psi_{21}=0.01$
$d_{кл}(520 = 120 + 100 + 300)$	$\Psi_{22}=0$	$\Psi_{23}=0$	$\Psi_{24}=0$

Для рамы  $d_p=70\text{мм}$

$d_3 = 0\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$ $\lambda_{\text{кл}}=0.030$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$ $\lambda_{\text{кл}}=0.050$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$ $\lambda_{\text{кл}}=0.070$
$d_{\text{кл}}(370 = 120 + 50 + 200)$	$\Psi_{25}=0.0021$	$\Psi_{26}=0.0051$	$\Psi_{27}=0.0103$
$d_{\text{кл}}(420 = 120 + 100 + 200)$	$\Psi_{28}=0$	$\Psi_{29}=0.001$	$\Psi_{30}=0.004$
$d_{\text{кл}}(470 = 120 + 50 + 300)$	$\Psi_{31}=0.002$	$\Psi_{32}=0.0045$	$\Psi_{33}=0.09$
$d_{\text{кл}}(520 = 120 + 100 + 300)$	$\Psi_{34}=0.003$	$\Psi_{35}=0.006$	$\Psi_{36}=0.01$
$d_3 = 60\text{мм}$			
$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$ $\lambda_{\text{кл}}=0.030$	$\lambda_{\text{ут}}=0.039$ $\lambda_{\text{кл}}=0.050$	$\lambda_{\text{ут}}=0.049$ $\lambda_{\text{кл}}=0.070$
$d_{\text{кл}}(370 = 120 + 50 + 200)$	$\Psi_{37}=0$	$\Psi_{38}=0.003$	$\Psi_{39}=0.006$
$d_{\text{кл}}(420 = 120 + 100 + 200)$	$\Psi_{40}=0$	$\Psi_{41}=0$	$\Psi_{42}=0$
$d_{\text{кл}}(470 = 120 + 50 + 300)$	$\Psi_{43}=0.002$	$\Psi_{44}=0.004$	$\Psi_{45}=0.08$
$d_{\text{кл}}(520 = 120 + 100 + 300)$	$\Psi_{46}=0$	$\Psi_{47}=0$	$\Psi_{48}=0$

Таб. 6. Значение  $\Psi$  для стены из мелкоштучных эл-в

Производим расчет в программе ELCUT 6.0

В программе получу эти значения:

$Q_f^L$  ( для стены с окном) - *потери тепла через линейную теплотехническую неоднородность на 1 п.м., Вт/м*

$Q_2^L$  (для глухой сены) - *потери тепла через линейную теплотехническую однородность на 1 п.м., Вт/м*

$$\Psi = \frac{\Delta Q_L}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}} = \frac{\Delta Q_L}{20 - (-32)} = \frac{\Delta Q_L}{52^\circ\text{C}} = \frac{Q_1^L - Q_2^L}{52^\circ\text{C}} \quad (2)$$

## Крупнопанельная стена

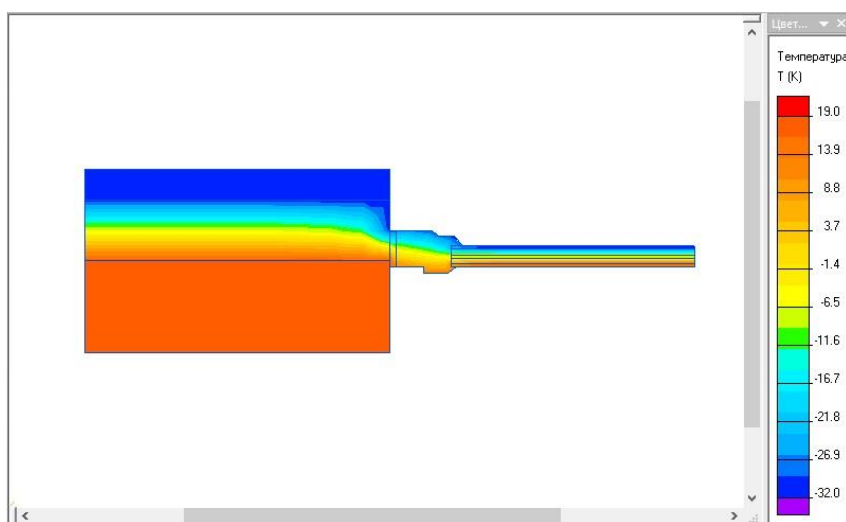


Рис. 14 Стена+окно

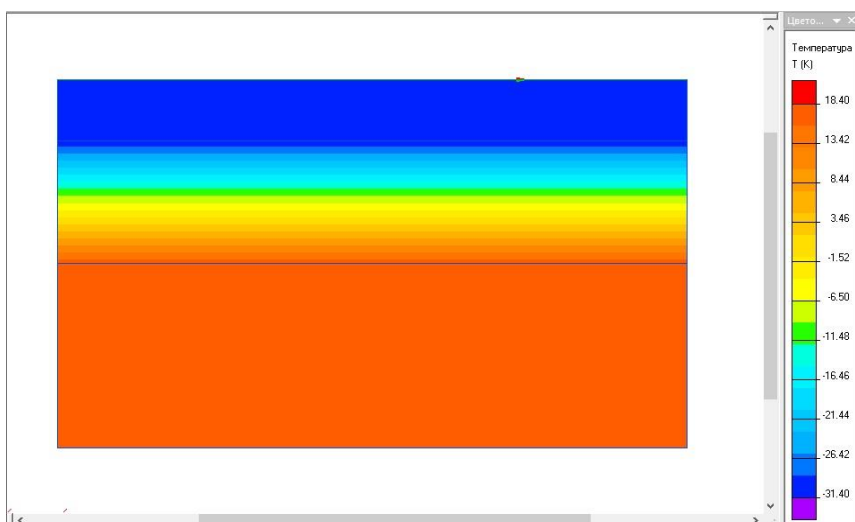


Рис. 15 Глухая стена

## Стена с наружным утеплением

(мокрый фасад)

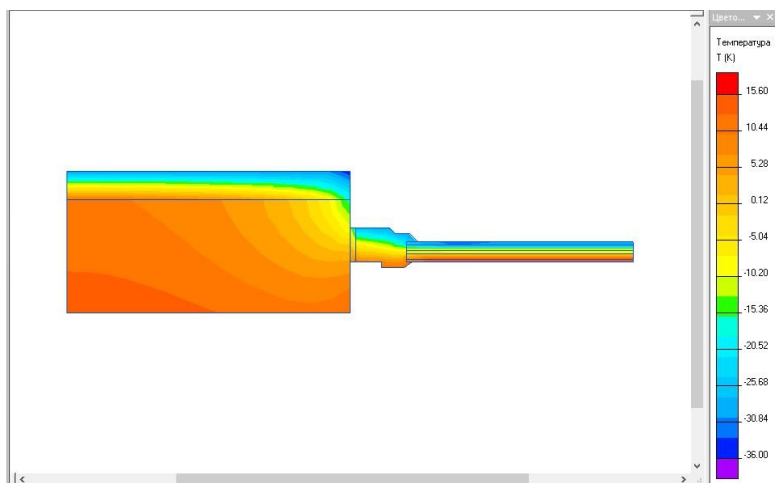


Рис.16 Стена+окно

Изм.	Лист	№ доким.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР

Лист

60

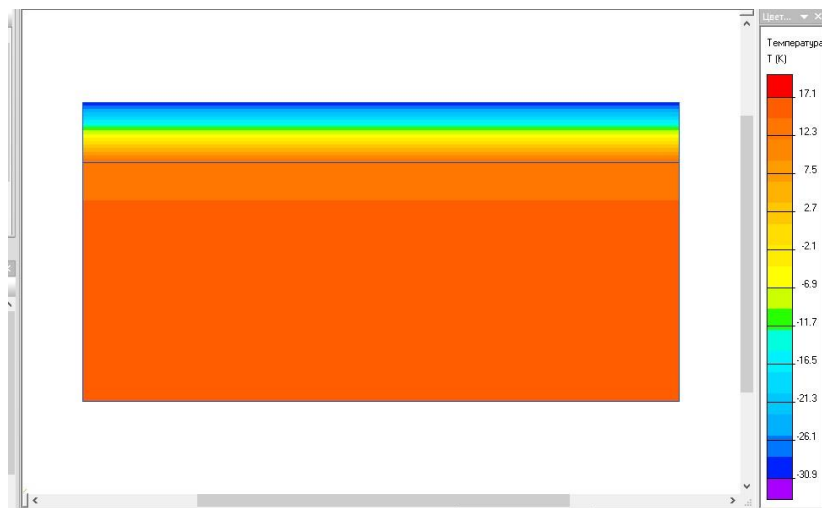


Рис. 17 Глухая стена

**Стена с наружным утеплением**

**(вентилируемый фасад)**

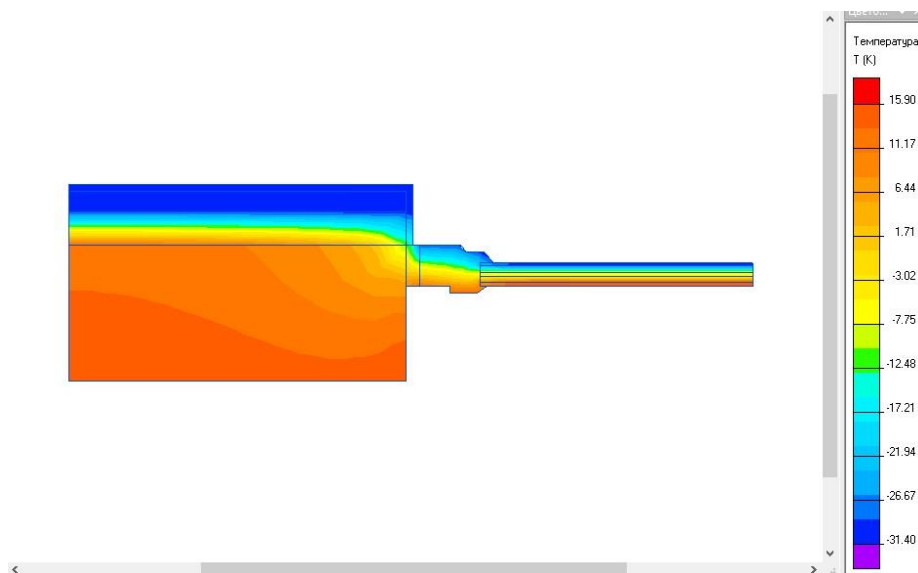


Рис.18 Стена+окно

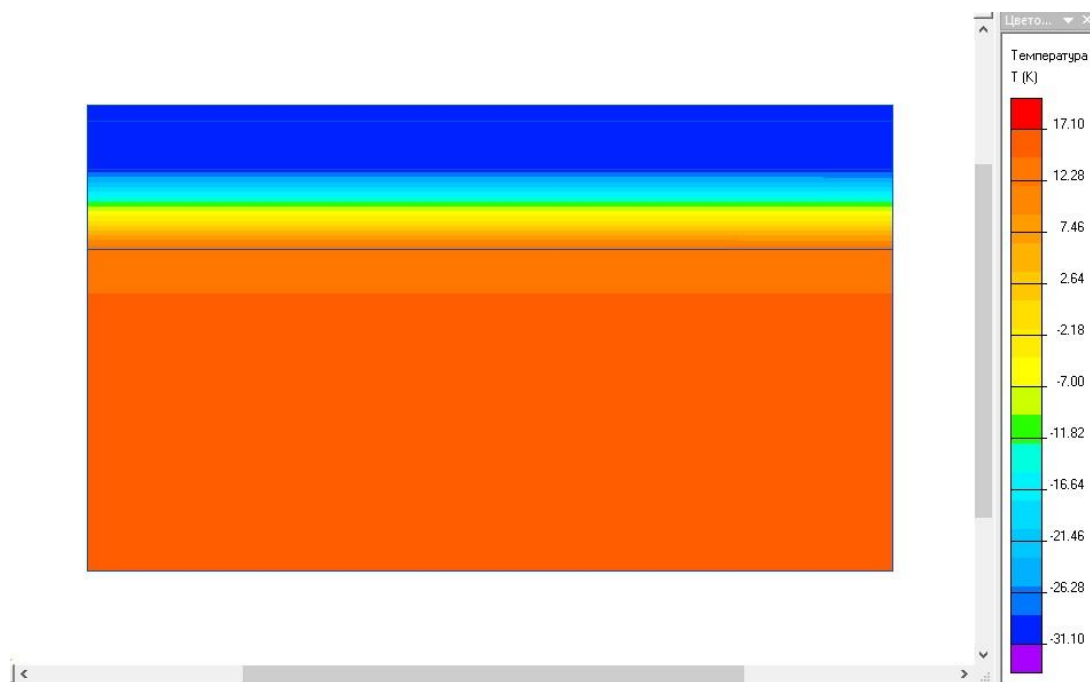


Рис.19 Глухая стена

Трехслойная стена из мелкоштучных элементов  
(кирпич, легкобетонные блоки)

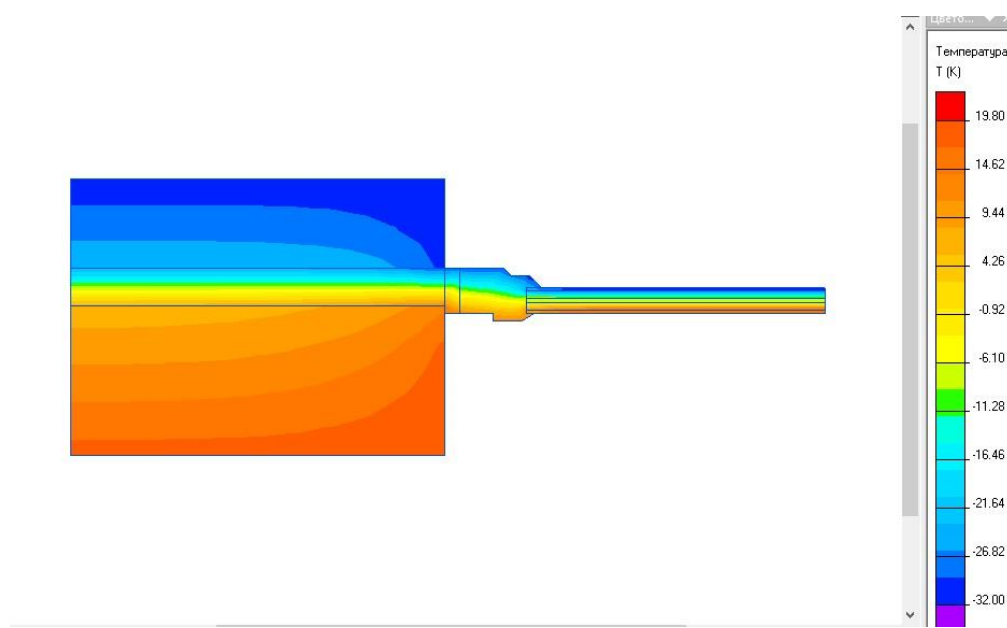


Рис.20 Стена+окно

Изм.	Лист	№ докum.	Подпись	Дата

ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР

Лист

62

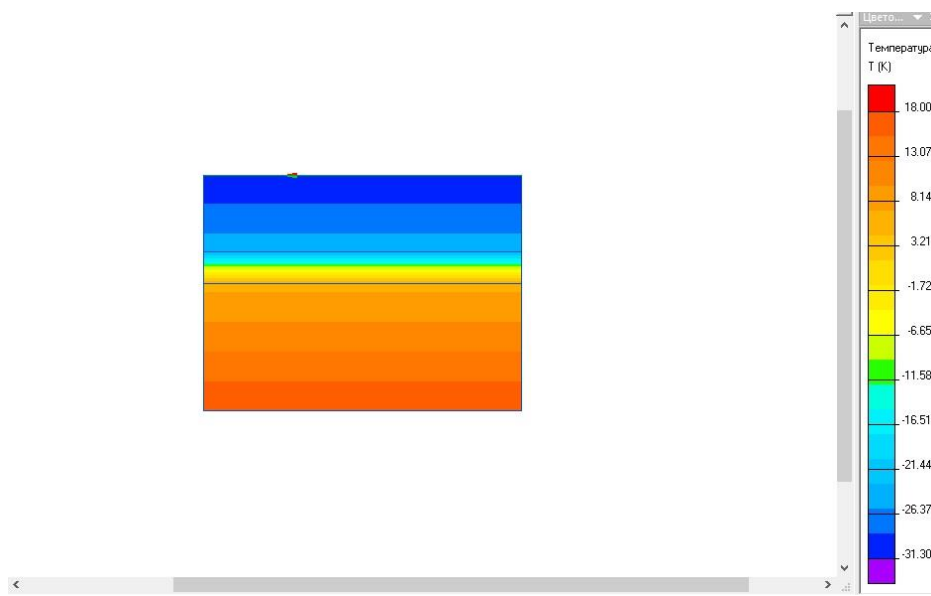


Рис.21 Глухая стена

Пример расчета приведенного сопротивления теплопередаче откоса ограждающей конструкции (стена + окно).

Посчитаем значение для крупнопанельной стены :

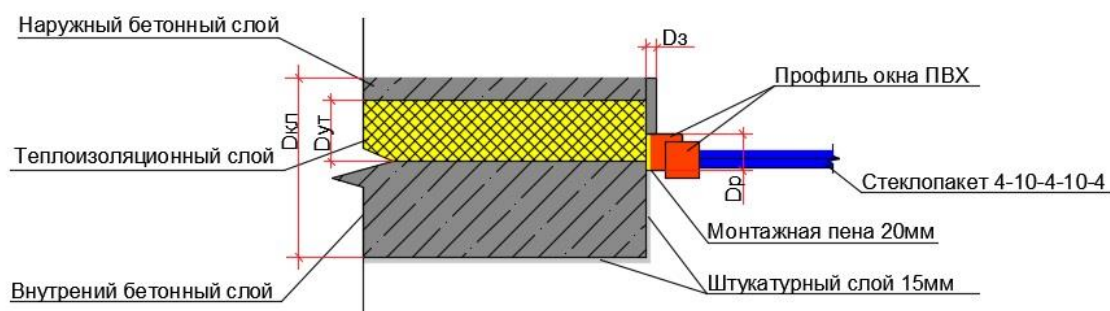


Рис. 22 Ж.б. панель+окно

Полученные значение в ELCUT 6.0

Толщина рамы 60 мм, толщина зуба 0 мм (отсутствует)

$d_{\text{кл}}(\text{мм})$	$\lambda_{\text{ут}}=0.029$
$d_{\text{кл}}(300 = 50 + 100 + 150)$	$\Psi_1 = 0.002$

Таб. 7. Значение  $\Psi$  необходимое в расчетах

Необходимо найти приведенное сопротивление теплопередаче для каждой модели приведенной в таблице 3, по формуле(3):

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k Ux_k} \quad (3)$$

$\Delta Q_L = Q_1^L - Q_2^L$  - дополнительные потери через линейную теплотехническую неоднородность(4)

$\Psi_j = \frac{\Delta Q_L}{t_{\text{в}} - t_{\text{н}}}$  - удельные линейные потери теплоты через линейную теплотехническую неоднородность(5)

$l_j = \frac{\text{Длина конструкции, м}}{\text{Площадь стены, где находится конструкция, м}^2}$ , (6) примем общее среднее значение для всех моделей  $0.8 \frac{1}{\text{м}}$  (СП Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче, пункт Е 2)

$\sum n_k Ux_k = 0$  (т.к. нет участков, содержащих точечную неоднородность, этим значением пренебрегаем)

$$\sum a_i U_i \quad (7)$$

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} = 1 \quad (\text{т.к. в каждой модели используется только 1 тип стены}) \quad (8)$$

$$U_i = \frac{1}{R_{0,i}^{\text{усл}}} - \text{коэффициент теплопередачи теплозащитной оболочки здания} \quad (9)$$

$$R_{0,i}^{\text{усл}} = \frac{1}{\alpha_{\text{в}}} + \sum R_s + \frac{1}{\alpha_{\text{н}}} - \text{условное сопрот-е теплопередачи однородной части} \quad (10)$$

$$R_s = \frac{\delta_s}{\lambda_s} - \text{термическое сопротивление слоя однородной части} \quad (11)$$

$\alpha_{\text{в}}$  - коэффициент теплопередачи внутренней части ограждающей конструкции

$\alpha_{\text{н}}$  - коэффициент теплопередачи наружной части ограждающей конструкции

$\delta_s$  - толщина слоя, м

$\lambda_s$  - теплопроводность материала слоя, Вт/м\*С

Приведенная формула, после всех преобразований:

$$R_0^{\text{пр}} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\alpha_E} + \frac{\delta_s}{\lambda_s} + \frac{1}{\alpha_H}} + 0.8 \frac{1 \cdot Q_1^L - Q_2^L}{t_E - t_H}} \quad (6)$$

Подставив значения, получим:

Значения  $\lambda_s$  берем из СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.

$$\alpha_E = 8.7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$\alpha_H = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$$

$$t_E = 21 ^\circ\text{C}$$

$$t_H = -34 ^\circ\text{C}$$

$$R_0^{\text{пр}} =$$

$$= \frac{1}{\frac{1}{8.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{0.05 \text{ м}}{1.69 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{0.1 \text{ м}}{0.029 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{0.15 \text{ м}}{1.69 \frac{\text{Вт}}{\text{м}} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{1}{23 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{C}} + \frac{0.8 \frac{1}{\text{м}} \cdot 0.002 \frac{\text{Вт}}{\text{м}}}{\text{м}} \cdot ^\circ\text{C}} =$$

$$= 3.7 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{C}$$

Анализ полученных результатов:

1. Наименьшие удельные потери теплоты, как следовало предполагать и утеплителя с наименьшей теплопроводностью.
2. Наименьшие удельные потери теплоты, также у кладочных и бетонных материалов с наименьшей теплопроводностью.
3. Удельные потери теплоты уменьшаются при увеличении толщины оконной рамы.



4. Удельные потери теплоты уменьшаются при увеличении толщины зуба, перед оконной коробки, особенно если материал зуба сделан из материала с меньшей теплопроводностью.
5. Потери теплоты оконного откоса увеличиваются при увеличении толщины стены (но не утеплителя)
6. Наилучшие характеристики по теплопроводности имеют крупнопанельные стены и стены из мелкоштучных элементов. Стены из монолитного бетона также хороши, но при толщине от 400мм вместе с утеплителем, особенно если в конструкции предусмотрен зуб из утеплителя, с ним теплотери в оконном откосе резко сокращаются к минимуму.
7. Ширины оконной рамы в 60 мм достаточно для поддержания температуры на поверхности рамы в доме в пределах 7-10 градусов.
8. Стеклопакет должен обязательно быть двухкамерным (характеристики от 4-10-4-10-4)мм, однокамерного стеклопакета будет недостаточно, даже при заполнении его аргоном
9. Теплотери у монолитной стены с фасадом типа мокрый и вентилируемый практически равны.

Полученные значения оказались выше, чем в «проекте свода правил: Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче». Это связано с тем, что в СП применяются повышающие коэффициенты, также мои конструкции больше ориентированы под материалы, которые больше имеют применение в г. Челябинск, также возможно есть различия у методиках проведения экспериментов.

### 1.3 ПРАКТИЧЕСКОЕ ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПОЛУЧЕННЫХ ДАННЫХ

#### Расчет дополнительных тепловпотерь через ограждения конструкций (на примере узла оконного откоса)

Для сравнения возьмем 2 узла оконной конструкции в г. Челябинск:

##### **1. Оконная конструкция по ул. Краснопольском пр. 3 (рис. 25,23):**

Основные характеристики оконной конструкции и оконного проема (факторы влияния):

1. Толщина стены (400мм)
2. Материал стены (железобетонная панель со встроенным утеплением 250-100-50мм)
3. Положение оконной коробки в проеме (от центра наружу на расстоянии 100 мм)
4. Ширина межстекольного пространства (10мм)
5. Количество стекол (3)
6. Толщина профиля оконной рамы (60мм)
7. Толщина зуба 60 мм



Рис.23 г. Челябинск, ул. Краснопольский проспект д.3

##### **2. Оконная конструкция по ул. Братьев Кашириных 85б (рис. 24,26):**

Основные характеристики оконной конструкции и оконного проема (факторы влияния):

1. Толщина стены (400мм)
2. Материал стены (бетон с утеплением)
3. Утепление наружной стены (фасада) (60мм)
4. Фасадная система (мокрый фасад)

5. Материал утепления наружной стены (минеральная вата)
6. Положение оконной коробки в проеме (от центра наружу на расстоянии 100 мм)
7. Ширина межстекольного пространства (10мм)
8. Количество стекол (3)
9. Толщина профиля оконной рамы 60 мм
10. Толщина зуба 60 мм



Рис.24 г. Челябинск, ул. Бр. Кашириных д.85б

### *Расчет температурных полей*

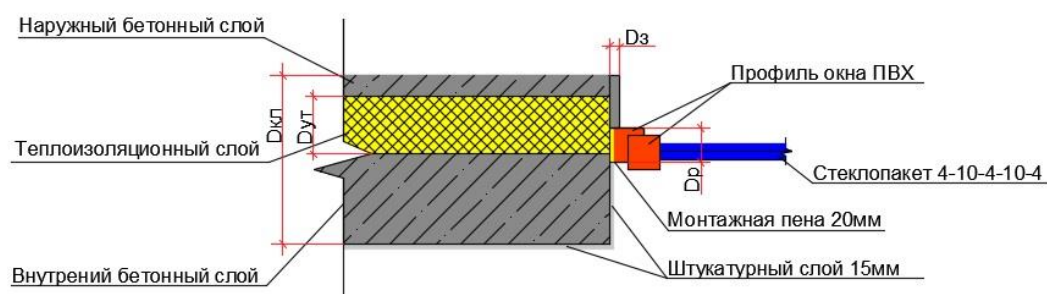


Рис. 25 Расчетная схема для ELCUT 6.0 (Крупнопанельная стена)

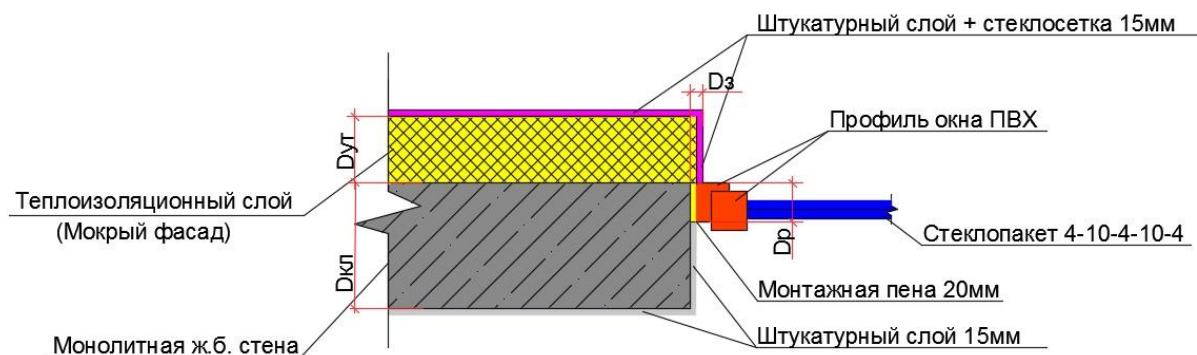


Рис. 26 Расчетная схема для ELCUT 6.0 (Монолитная стена, мокрый фасад)

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		68

Нпоз	Слой, материал	Толщина слоя, м	Расчетный коэффициент теплопроводности, Вт/(м*С)
Монолитная стена, тип фасада мокрый (рис.24, 26)			
1	Железобетон (несущий слой)	0.33	1.69
2	Утеплитель минеральная вата (наружный слой)	0.07	0.039
3	Штукатурный слой (внешний )	0.015	1.21
4	Профиль ПВХ	0.07	0.16
5	Стекло	3*0.004	0.76
6	Воздушная прослойка стеклопакета (газ аргон)	2*0.01	0.016
7	Монтажная пена	0.02	0.05
8	Штукатурный слой (внутренний)	0.015	1.21
9	Наличие зуба (минеральная вата)	0.06	0.039

Таб. 8 Расчетные характеристики материалов (начало)

Крупнопанельная стена (рис.23, 25)

1	Железобетон (наружный слой)	0.05	1.69
2	Утеплитель пенополиуритан (средний слой)	0.1	0.029
3	Железобетон (внутренний слой)	0.2	1.69
4	Профиль ПВХ	0.06	0.16
5	Стекло	3*0.004	0.76
6	Воздушная прослойка стеклопакета (газ аргон)	2*0.01	0.016
7	Монтажная пена	0.02	0.05
8	Штукатурный слой (внутренний)	0.015	1.21
9	Наличие зуба (железобетонный слой)	0.06	1.69

Таб. 8 Расчетные характеристики материалов стеновых конструкций, принятые для расчета(продолжение)

Для выполнения расчета выполним следующее:

1. Найдем по характеристикам из таб. 8 в таб.3 для крупнопанельной стены и в таб.4 для монолитной стены (мокрый фасад) значение  $\Psi$
2. Определим условное сопротивление теплопередачи ограждающей конструкции по формуле  $R_0^{пр} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k X_k} (3) \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{C)}$

$$l_j = \frac{\text{Длина конструкции, м}}{\text{Площадь стены, где находится конструкция, м}^2}, \quad (6) \text{ примем общее среднее значение}$$

для всех моделей  $0.8 \frac{1}{\text{м}}$  (СП Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче, пункт Е 2)

$\sum n_k X_k = 0$  (т.к. нет участков, содержащих точечную неоднородность, этим значением пренебрегаем)

$$\sum a_i U_i \quad (7)$$

$$a_i = \frac{A_i}{\sum A_i} = 1 \quad (\text{т.к. в каждой модели используется только 1 тип стены}) - (8)$$

$$U_i = \frac{1}{R_{0,i}^{усл}} - \text{коэффициент теплопередачи теплозащитной оболочки здания} - (9)$$

$$R_{0,i}^{усл} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum R_S + \frac{1}{\alpha_H} - \text{условное сопрот-е теплопередачи однородной части} \quad (10)$$

$$R_S = \frac{\delta_S}{\lambda_S} - \text{термическое сопротивление слоя однородной части} \quad (11)$$

$\alpha_B$  - коэффициент теплопередачи внутренней части ограждающей конструкции

$\alpha_H$  - коэффициент теплопередачи наружной части ограждающей конструкции

$\delta_S$  - толщина слоя, м

$\lambda_S$  - теплопроводность материала слоя, Вт/м\*С

**Приведенная формула, после всех преобразований:**

$$R_0^{пр} = \frac{1}{\frac{1}{\frac{1}{\alpha_B} + \frac{\delta_S}{\lambda_S} + \frac{1}{\alpha_H}} + 0.8 \frac{1}{\text{м}}} \quad (6)$$

**Подставив значения, получим:**

Значение  $\Psi$  из таб.3, 4

$\Psi$  (для крупнопанельной стены)=0.001 Вт/(м\*С)

$\Psi$  (для монолитной стены, мокрый фасад)= 0.099 Вт/(м\*С)

Найдем методом интерполяции, зная:

При толщ. ут. 50мм  $\Psi=0.165$  Вт/(м\*С)

При толщ. ут. 70мм  $\Psi_m=?$  Вт/(м\*С)  $\Rightarrow \Psi_m=0.099$

При толщ. ут. 100мм  $\Psi=0.0$  Вт/(м\*С)

Значения берем из СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий.

$$\alpha_{\text{в}} = 8.7 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$$

$$\alpha_{\text{н}} = 23 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{С}$$

$$t_{\text{в}} = 20 ^\circ\text{С}$$

$$t_{\text{н}} = -32 ^\circ\text{С}$$

Получим:

- для крупнопанельной стены  $R_0^{\text{пр}} = 2.8 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{С}$ ,  $R_{\text{усл}} = 3.75 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{С}$ ,

- для монолитной стены (мокрый фасад)  $R_0^{\text{пр}} = 1.9 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{С}$ ,  $R_{\text{усл}} = 2.15 \frac{\text{Вт}}{\text{м}^2} \cdot ^\circ\text{С}$ ,

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2012.
2. Корниенко С.В. Оценка влияния краевых зон ограждающих конструкций на теплозащиту и энергоэффективность зданий // Инженерно-строительный журнал. 2011. № 8 (30). С.5-12.
3. Крайнов Д.В., Сафин И.Ш., Любимцев А.С. Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса) // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 6 (16). С.17-22.
4. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий/ К.Ф.Фокин. – Изд. 4-е, перераб. и доп. – М., Стройиздат, 1973. – 278 с.
5. Кривошеин А.Д. Окна из ПВХ: анализ теплового режима узлов сопряжений с наружными стенами различного конструктивного решения/ А.Д. Кривошеин// Современные строительные конструкции. Окна и двери. Информ. Бюллетень. – 1998. - №4 С. 14-16.
6. Петров Е.В. Влияние различных факторов на тепловые характеристики оконных заполнений. Автореферат дис. на соиск. уч. ст. к. т. н./ Е.В.Петров. – Томск, Томский гос. архитектурно-строит. ун-т, 2000. – 23с.
7. Умнякова Н.П. Теплопередача через оконные откосы жилых зданий. Дис. на соиск. уч. ст. к. т. н./ Н.П. Умнякова. – М., Московский инж.-строит. ин-т им. В.В.Куйбышева, 1987. – 212 с.
8. Свод правил СП23-101-2004"Проектирование тепловой защиты зданий"[
9. СП 50.13330.2012 "Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003"
10. "Правила расчета приведенного сопротивления теплопередаче" с таблицами теплотехнических характеристик типовых элементов ограждающих конструкций
11. ГОСТ 30494-2011 "Параметры микроклимата в жилых и общественных зданиях"

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		188

12. ГОСТ 31166-2003 "Конструкции ограждающие зданий и сооружений"  
ГОСТ 31167-2009 "Здания и сооружения"
13. ГОСТ 31168-2014 "Здания жилые. Метод определения удельного потребления тепловой энергии на отопление"
14. ГОСТ 26254-84 "Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций"
15. СП 54.13330.2011 "Здания жилые многоквартирные"
16. СП 55.13330.2011 "Здания жилые многоквартирные"
17. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Принципы проектирования и оценки наружных ограждающих конструкций с использованием современных технологий «активного» энергосбережения и рекуперации теплового потока // Жилищное строительство. 2014. № 6.
18. Ахмяров Т. А., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Создание наружных ограждающих конструкций с повышенным уровнем теплозащиты // Энергосбережение. 2014. № 6.
19. Ахмяров Т. А., Беляев В. С., Спиридонов А. В., Шубин И. Л. Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла // Энергосбережение. 2013. № 4.
20. Беляев В. С., Лобанов В. А., Ахмяров Т. А. Децентрализованная приточно-вытяжная система вентиляции с рекуперацией тепла // Жилищное строительство. 2011. № 3.
21. Богословский, В.Н. Строительная теплофизика / В.Н Богословский. – М., 1982. 415 с.
22. Бурмистров, Г. Н. Кровельные материалы: Учебник для сред, проф-техн. училищ.— М : Стройиздат, 1990. — 144 с.
23. Вильман, Ю.А. Технология строительных процессов и возведения зданий. Современные прогрессивные методы. – Издательство: М.:АСВ, 2008.
24. Власов, О.Е. Основы строительной теплотехники / Власов О.Е. - М: ВИА, 1938. 94 с.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подпись	Дата		189



25. Власов, О.Е. Теплотехнический расчет ограждающих конструкций / О.Е. Власов. – Москва: Госстройиздат, 1933.– 46 с.
26. Гагарин В.Г., Козлов В.В. О нормировании теплозащиты и требованиях расхода энергии на отопление и вентиляцию в проекте актуализированной редакции СНиП «Тепловая защита зданий» // Вестник Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета: Серия «Строительство и архитектура», №31-2(50)/2013.
27. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Теоретические предпосылки расчета приведенного сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций / Строительные материалы. 2010, №12, С. 4 – 12.
28. Гагарин В.Г., Козлов В.В. Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» // Жилищное строительство, №8/2011.
29. Гагарин, В.Г. Учет теплопроводных включений при расчете теплопотерь через ограждающие конструкции / Гагарин В.Г., Козлов В.В., Неклюдов А.Ю. В сб. докладов «Строительная физика. Системы обеспечения микроклимата и энергосбережения в зданиях». Международная конференция – академические чтения. М. МГСУ. 2-4 июля 2014. С. 14-25.
30. Гагарин, В.Г. Учет теплотехнических неоднородностей при оценке теплозащиты ограждающих конструкций в России и европейских странах / Гагарин В.Г., Дмитриев К.А. Строительные материалы. 2013. № 6. С. 14-16.
31. Горшков А.С., Ливчак В.И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям. Строительство уникальных зданий и сооружений, 2015, №3 (30)

32. ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях: введ. в действие с 01.01.2013: Взамен ГОСТ 30494-96. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
33. ГОСТ Р 54851-2011. Конструкции строительные ограждающие неоднородные. Расчет приведенного сопротивления теплопередаче. – М.: Стандартинформ, 2013. – 28 с.
34. Ивашкова, В.К. Каталог температурных полей узлов типовых ограждающих конструкций: пособие для проектирования / В.К. Ивашкова, Н.С. Трошина. – М.: Стройиздат, 1980. – 112 с.
35. Корниенко, С.В. Повышение энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через краевые зоны ограждающих конструкций. «Актуальные вопросы строительной физики» / Корниенко С.В. Academia. Архитектура и строительство. 2010, № 3, стр. 348 – 351
36. Кочев, А.Г. Решение задачи по расчету температурных полей оконных откосов зданий / Кочев А.Г., Сергиенко А.С. Научный вестник Воронежского государственного архитектурно-строительного университета. Серия: Физико-химические проблемы и высокие технологии строительного материаловедения. 2014. № 2 (9). С. 67-76.
37. Крайнов, Д.В. Определение дополнительных потоков теплоты через элементы фрагмента ограждающей конструкции / Крайнов Д.В., Садыков Р.А. Жилищное строительство. 2012. № 6. С. 10-12
38. Крайнов Д.В, Сафин И.Ш., Любимцев А.С. Расчет дополнительных теплопотерь через теплопроводные включения ограждающих конструкций (на примере узла оконного откоса // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 6. С. 17-22.

39. Крышов С.И., Курилюк И.С. Опыт ГБУ «ЦЭИИС» По экспериментальной оценке эффективности энергосберегающих мероприятиях в жилых и общественных зданиях. Издательство инп ран.москва 2015. -44с.
40. Крышов С.И. Расчетные и фактические теплотехнические показатели вводимых в эксплуатацию многоэтажных жилых домов / С.И Крышов // Сборник докладов VII Международного конгресса «Энергоэффективность. XXI век. Инженерные методы снижения энергопотребления зданий». – СПб., 2014.
41. Мачинский, В.Д. Теплотехнические основы гражданского строительства / Мачинский В.Д. - М.: Макиз, 1928. – 262с.
42. МГСН 2.01-99. «Энергосбережение в зданиях. Нормативы по теплозащите и тепловодоэлектроснабжению».
43. Мозгалёв, К.М. Энергетическая эффективность зданий: учебное пособие / К.М. Мозгалёв, А.И. Абаимов, С.Г Головнев. – Челябинск: ООО «Издательство РЕКПОЛ», 2011. – 36 с.
44. ГОСТ 90008-39. Нормы определения теплопотерь через ограждения зданий и расчетных температур. - М.,1939. – 52 с.
45. Постановление Правительства РФ от 2 ноября 1995 г. № 1087 «О неотложных мерах по энергосбережению».
46. Постановление Правительства РФ от 8 июля 1997 г. № 832 «О повышении эффективности использования энергетических ресурсов и воды предприятиями, учреждениями и организациями бюджетной сферы».
47. Постановление Правительства Российской Федерации от 24 января 1998 г. № 80 «О федеральной целевой программе «Энергосбережение России" на 1998 - 2005 годы»

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						192
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		

48. Постановление Правительства РФ от 25 января 2011 г. № 18 «Об утверждении правил установления требований энергетической эффективности для зданий, строений, сооружений и требований к правилам определения класса энергетической эффективности многоквартирных домов».
49. Постановление Правительства РФ от 26 декабря 2014 г. № 1521 «Об утверждении перечня национальных стандартов и сводов правил (частей таких стандартов и сводов правил), в результате применения которых на обязательной основе обеспечивается соблюдение требований Федерального закона «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».
50. Русанов, А.Е. Оценка качества устройства навесных фасадных систем гражданских зданий по параметрам энергетической эффективности: дис.... канд. тех. наук / А.Е. Русанов. – СПб., 2014. –158 с.
51. Рыбаков, М.М. Метод определения удельных потерь теплоты через точечную теплотехническую неоднородность с помощью программного комплекса для моделирования двумерных полей (на примере ПК ELCUT) / М.М. Рыбаков, А.Е. Русанов // Сборник докладов. Строительство и экология: теория, практика, инновация. – Челябинск: Издательство «ПИРС», 2015. – С 137-140.
52. Самарин, О.Д. Расчет удельных теплопотерь через точечные теплотехнические неоднородности при использовании актуализированной редакции СНиП 23-02 / Самарин О.Д. Известия высших учебных заведений. Строительство. 2014. № 1 (661). С. 81-85.
53. Самарин О.Д., Швеченкова И.С. Оценка теплотехнической однородности наружной стены при изменении толщины утеплителя. Энергосбережение, энергоэффективность, Энергоаудит, Отопление, ГВС // СОК, №3 2016

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док.	Подпись	Дата		193

54. Сеппанен О. Требования к энергоэффективности зданий в странах ЕС // Энергосбережение.– 2010.– № 7.
55. СНиП II-В.3. Нормы проектирования. Часть II. Строительная теплотехника. – М.: Государственное издательство литературы по строительству и архитектуре, 1954. – С 145-161.
56. СНиП II-А.7-62. Строительная теплотехника. Нормы проектирования. – М.,1962. –31 с.
57. СНиП II-А.7-71 Строительная теплотехника. Нормы проектирования. – М., 1971. – 41 с.
58. СНиП II-3-79. Нормы проектирования. Часть II. Строительная теплотехника. – М., 1979. – 33 с.
59. СНиП II-3-79\*. Нормы проектирования. Часть II. Строительная теплотехника. – М., 1995. – 40 с.
60. СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий. – М.: Госстрой России, 2004. – 25 с.
61. СП 17.13330.2011. Кровли. Актуализированная редакция СНиП II-26-76. – М.: Минрегион России, 2011. – 53 с.
62. СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий. – М.: ФГУП ЦПП, 2005. – 139 с.
63. СП 50.13330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – М.: Минрегион России, 2012. – 100 с.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		194

64. СП 131.13330.2012 Строительная климатология. Актуализированная редакция СНиП 23–01–99 – М.: Минрегион России, 2012. .110 с.
65. СП 230. 1325800.2015. Конструкции ограждающие зданий. Характеристики теплотехнических неоднородностей. – М.: Минрегион России, 2015. – 68 с.
66. Строительные системы ТехноНИКОЛЬ. Альбом узлов. Кровля. – М.,2014.
67. Технические условия и нормы теплотехнического расчета ограждающих конструкций. - М., 1929. – 41с.
68. Указ Президента РФ от 7 мая 1995 N 472 «Об Основных направлениях энергетической политики и структурной перестройки топливно - энергетического комплекса Российской Федерации на период до 2010 года».
69. Указ Президента РФ от 4 июня 2008 г. № 889 «О некоторых мерах по повышению энергетической и экологической эффективности российской экономики».
- 70.Федеральный закон от 3 апреля 1996 г. № 28-ФЗ «Об энергосбережении».
71. Федеральный закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ «О техническом регулировании».
72. Федеральный закон от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».
73. Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. №384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений».

74. Фокин, К.Ф. Влияние металлических включений на температуру внутренней поверхности стен / Фокин К.Ф. сборник ЦНИИПС «Вопросы строительной физики и проектирования», Стройиздат 1941.
75. Фокин, К.Ф. Влияние элементов железобетонных каркасов на температуру внутренней поверхности стен / Фокин К.Ф. сборник ЦНИИПС «Вопросы строительной физики и проектирования», Стройиздат 1939.
76. Фокин, К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий / Фокин К.Ф. - М.-Л., 1933. – 211 с.

					ЮУрГУ-08.04.01.2019.721.ПЗ ВКР	Лист
						196
Изм.	Лист	№ док-м.	Подпись	Дата		