

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости
кафедра

УТВЕРЖДАЮ
Заведующий кафедрой
_____ Р. А. Назиров
подпись инициалы, фамилия
« ____ » _____ 20__ г.

ЗАДАНИЕ
НА ВЫПУСКНУЮ КВАЛИФИКАЦИОННУЮ РАБОТУ
в форме магистерской диссертации

Студенту Смирновой Екатерине Владимировне

фамилия, имя, отчество

Группа СФ20-04М Направление (специальность) 08.04.01 «Строительство»

номер

код и наименование

08.04.01.04 «Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение»

код и наименование

Тема выпускной квалификационной работы «Светопрозрачные алюминиевые ограждающие конструкции при строительстве жилых и общественных зданий в условиях Сибири»

Утверждена приказом по университету № 16668/с от 27 октября 2020 г.

Руководитель ВКР Д. А. Михеев, доцент, к. т. н., кафедра ПЗиЭН ИСИ СФУ

инициалы, фамилия, должность, ученое звание и место работы

Исходные данные для ВКР нормативно-правовые документы, регламентирующие соблюдение основных санитарно-гигиенических требований, учебники, методические пособия, диссертации, научные статьи, справочные данные сети интернет, материалы научно-исследовательской практики.

Перечень разделов ВКР:

- Введение
- ГЛАВА 1 Состояние вопроса, обоснование цели и задач исследования;
- ГЛАВА 2 Расчет светопрозрачных алюминиевых конструкций в ПК THERM и WINDOW;
- ГЛАВА 3 Проверка поэлементных требований к тепловой защите здания;
- ГЛАВА 4 Экономическая эффективность витражной конструкции
- Заключение;
- Список сокращений;

- Список использованных источников;
- Приложение А. Локальный сметный расчет витражной конструкции в зависимости от модификации стеклопакета.

Руководитель ВКР

подпись

инициалы и фамилия

Задание принял к исполнению

подпись

инициалы и фамилия

« ____ » _____ 20__ г.

РЕФЕРАТ

Магистерская диссертация на тему «Устройство алюминиевых светопрозрачных ограждающих конструкций в строительстве жилых и общественных зданий в условиях Сибири» содержит 87 страниц текстового документа, 53 использованных источника.

АЛЮМИНИЕВЫЕ СВЕТОПРОЗРАЧНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ОГРАЖДАЮЩИЕ КОНСТРУКЦИИ, ВИТРАЖИ, ПРИМЕНЕНИЕ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ, ОПТИМАЛЬНЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ РЕШЕНИЯ, СОПРОТИВЛЕНИЕ ТЕПЛОПЕРЕДАЧЕ.

Объектом исследования являются алюминиевые светопрозрачные ограждающие конструкции.

Целью магистерской диссертации является выбор оптимальных решений устройства алюминиевых светопрозрачных ограждающих конструкций в условиях Сибири.

В ходе выполнения работы:

- изучены требования к проектированию светопрозрачных конструкций;
- рассмотрены зарубежный и отечественный опыты применения светопрозрачных конструкций;
- выполнен теплотехнический расчет алюминиевой конструкции с помощью программного комплекса THERM и проведено сравнение вариантов.
- осуществлена экономическая оценка вариантов, и подобрано оптимальное решение устройства алюминиевых светопрозрачных конструкций с позиции энерго- и ресурсосбережения и экономической целесообразности.

В связи с чем поставлена задача исследования – уменьшение теплотерь за счет правильно подобранного светопрозрачного заполнения.

СОДЕРЖАНИЕ

Введение.....	5
ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	8
1 Алюминиевые светопрозрачные ограждающие конструкции	8
1.1 Основные термины и определения	8
1.2 Требования тепловой защиты к светопрозрачным ограждающим конструкциям.....	8
1.3 Конструктивные элементы алюминиевых светопрозрачных конструкций и основные узлы крепления	10
1.3.1 Профильная система.....	12
1.3.2 Светопрозрачное заполнение	13
1.3.3 Конструктивные схемы алюминиевых светопрозрачных ограждающих конструкций при монтаже	16
1.4 Алюминиевые светопрозрачные конструкции: отечественный и зарубежный опыты применения.....	20
1.4.1 Алюминиевый профиль Sapa Facade 4150	21
1.4.2 Алюминиевый профиль СИАЛ КП50.....	22
1.5 Отечественные разработки и исследования в области алюминиевых светопрозрачных конструкций	24
1.6 Вывод по главе 1	28
ГЛАВА 2 РАСЧЕТ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПК THERM И WINDOW	29
2.1 Методика проведения исследования и анализ результатов	29
2.2 Основа программы.....	30
2.3 Расчет в программе THERM и WINDOW	30
2.4 Результаты	35
2.5 Модификация витражной конструкции.....	40
2.6 Узлы крепления витражной конструкции	44
2.7 Вывод по главе 2	53

ГЛАВА 3 ПРОВЕРКА ПОЭЛЕМЕНТНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЯ	54
3.1 Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче по каталогу СИАЛ.....	54
3.2 Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче по расчетам ПК THERM.....	57
3.3 Вывод по главе 3	63
ГЛАВА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВИТРАЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ.....	64
4.1 Характеристика объекта исследования	64
4.3 Сравнение применяемых конструкций.....	68
4.3.1 Стоимость витражной конструкции	68
4.3.2 Расход тепловой энергии на отопление здания за год эксплуатации...	70
4.3.3 Денежные затраты на тепловую энергию за год эксплуатации.....	72
Заключение	74
Список сокращений	77
Список использованных источников	78
Приложение А. Локальный сметный расчет витражной конструкции в зависимости от модификации стеклопакета	83

ВВЕДЕНИЕ

Витражные конструкции в качестве декоративных элементов архитектурных сооружений известны еще с древности. Это украшение соборов и храмов витражной живописью, начиная с романского периода (XI – XII века).

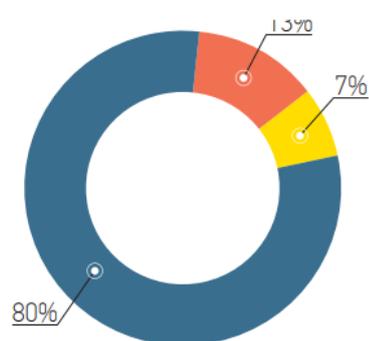
В первую очередь, они рассматривались как произведение искусства и только в последующем, как конструктивный элемент.

Но с развитием технологий эти конструкции вышли на новый уровень. Они стали наиболее функциональны. И выполняют:

- декоративную;
- тепло-сберегающую;
- функцию естественного освещения.

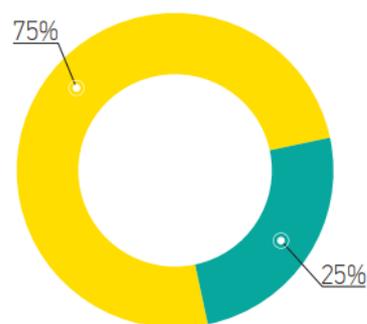
А также стали неотъемлемой частью массового строительства городских построек. На рисунке 1 наглядно представлено развитие отрасли на светопрозрачные алюминиевые конструкции (данные представила компания Ахор) [20].

Какую долю в Ваших объемах продаж в 1-ом полугодии 2021 года составили алюминиевые окна?



- 80% |** до 5% алюминиевых окон
- 13% |** 5-10% алюминиевых окон
- 0% |** 10-15% алюминиевых окон
- 7% |** более 15% алюминиевых окон

Какой прогноз Вы можете сделать по изменению спроса на алюминиевые окна на 2-ое полугодие 2021 года?



- 0% |** спрос будет уменьшаться
- 25% |** спрос останется без изменений
- 75% |** спрос будет увеличиваться

Рисунок 1 – Развитие отрасли светопрозрачных алюминиевых конструкций

На сегодняшний день витражные конструкции или светопрозрачные ограждающие конструкции (СПК) представляют собой рамочный каркас с стеклянным заполнением, который с помощью алюминиевой профильной системы крепится к плитам перекрытия или в проемы стен здания.

Алюминиевые светопрозрачные конструкции имеют ряд преимуществ, чем объясняется их популярность:

- прочность и малый вес;
- конструктивная вариативность;
- удобство транспортировки и монтажа;
- долговечность;
- простота обслуживания.

Их применение заменяет возведение стен. Тем самым появляется наибольшая доступность помещений к свету. Это позволяет сократить расходы на отопление и освещение. Что идеально подходит для торговых и выставочных комплексов, спортивных залов и концерт-холлов, аэропортов, отелей.

В связи с этим по сей день являются актуальными вопросы по обеспечению энергоэффективности зданий. И алюминиевые светопрозрачные ограждающие конструкции позволяют решить данную проблему, но при этом нужно ответственно подходить к их проектированию, грамотно прорабатывать узлы крепления, тем самым минимизировать теплопотери.

Актуальность работы

Компьютерное моделирование алюминиевой профильной системы с оптимальным светопрозрачным заполнением и способом монтажа обусловлено обеспечением наименьших теплопотерь помещения. Поскольку и на сегодняшний день проблемы энергоэффективности остаются востребованными.

Цель работы

Выбор оптимальных решений устройства алюминиевых светопрозрачных ограждающих конструкций в условиях Сибири.

Объект исследования

Алюминиевые светопрозрачные ограждающие конструкции здания.

Предмет исследования

Санитарно-гигиенические и поэлементные требования алюминиевых светопрозрачных ограждающих конструкций в зависимости от их конструктивных особенностей. Исследование проведено с учетом климатических характеристик региона строительства и экономической целесообразности.

Основные задачи

1. Изучить конструктивные элементы светопрозрачных алюминиевых конструкций и технические решения по их устройству и проанализировать их зависимость;
2. С помощью реальных объектов строительства выделить основные узлы крепления витражных конструкций;
3. Выполнить исследование конструктивных решений светопрозрачных алюминиевых конструкций с помощью программного комплекса THERM 7.6 и WINDOW 7.6;
4. Выполнить расчет конструкции согласно действующим нормативам;
5. Сравнить результаты и выбрать оптимальные технические решения устройства светопрозрачных алюминиевых ограждающих конструкций в условиях Сибири.

ГЛАВА 1 СОСТОЯНИЕ ВОПРОСА, ОБОСНОВАНИЕ ЦЕЛИ И ЗАДАЧ ИССЛЕДОВАНИЯ

1 Аллюминиевые светопрозрачные ограждающие конструкции

1.1 Основные термины и определения

Светопрозрачные конструкции (СПК) – ограждающая конструкция, обеспечивающая естественным светом помещения зданий и сооружений [1]. СПК может быть отдельно стоящим самостоятельным сооружением, сооружением, примыкающим к зданию, или элементом здания.

Профиль – прессованное изделие с заданными размерами и формой поперечного сечения [2].

Заполнение – светопрозрачные и непрозрачные элементы, отделяющие помещения здания от наружной среды и закрепленные к каркасу КФС [3].

Каркас конструкций фасадных светопрозрачных – конструкция, воспринимающая нагрузки и воздействия, действующие на КФС, и передающая их на несущую конструкцию здания [3].

Кронштейн – конструктивный элемент, предназначенный для крепления элементов КФС к конструкциям зданий и сооружений [3].

Ригель – горизонтальный элемент каркаса КФС [3].

Стойка – вертикальный элемент каркаса КФС [3].

Термовставка – элемент конструкции комбинированного профиля каркаса КФС, обладающий меньшей, чем материал профиля, теплопроводностью [3].

1.2 Требования тепловой защиты к светопрозрачным ограждающим конструкциям

В настоящее время требования к тепловой оболочке здания, и в частности к алюминиевым светопрозрачным конструкциям, изложены в [6]. Согласно этому нормативу, тепловая оболочка здания должна соответствовать следующим параметрам:

а) приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений (поэлементные требования);

б) температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений (санитарно-гигиеническое требование).

Требования тепловой защиты здания будут выполнены при одновременном выполнении всех трех требований, перечисленных выше. Для удовлетворения поэлементных требований приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций должно быть не менее нормируемого значения для климатических характеристик места строительства.

Нормируемое значение приведенного сопротивления теплопередаче ограждающей конструкции $R_0^{\text{норм}}$, $(\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$, определяется по формуле

$$R_0^{\text{норм}} = R_0^{\text{тр}} m_p, \quad (1.1)$$

где $R_0^{\text{тр}}$ – базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче, $\text{м}^2 \cdot \text{°C})/\text{Вт}$;

m_p – коэффициент, учитывающий особенности региона строительства [4].

Базовое значение требуемого сопротивления теплопередаче $R_0^{\text{тр}}$, $\frac{\text{м}^2 \cdot \text{°C}}{\text{Вт}}$, определяется по формуле

$$R_0^{\text{тр}} = a \cdot \text{ГСОП} + b, \quad (1.2)$$

где a и b – коэффициенты, значения которых следует принимать по данным таблицы для соответствующих групп зданий [7].

Величина градусо-сутки отопительного периода ГСОП, °С·сут/год, определяется по формуле

$$\text{ГСОП} = (t_{\text{в}} - t_{\text{от}}) \cdot z_{\text{от}}, \quad (1.3)$$

где $t_{\text{в}}$ – расчетная температура внутреннего воздуха здания, °С [7];

$t_{\text{от}}$ – средняя температура наружного воздуха, °С [6];

$z_{\text{от}}$ – продолжительность отопительного периода со среднесуточной температурой наружного воздуха не более 8 °С, сут/год [6].

1.3 Конструктивные элементы алюминиевых светопрозрачных конструкций и основные узлы крепления

В основе СПК лежит алюминиевый профиль и на сегодняшний день он является идеальным материалом в отличие от стали и пластика. Это объясняется его пластичностью.

Алюминий становится мягким и пластичным при нагревании до 500°С, а при прохождении через матрицу на выходе получается профиль заданной инструментом конфигурации, т.е. легко формообразуется. Это свойство отличает его от стали, которая, в свою очередь, не обладает такой пластичностью и получить профиль сложной конфигурации из нее уже будет трудно. И соответственно сталь никогда не будет легче алюминия.

Пластик не имеет необходимых физико-механических свойств строительного материала – для получения конструкции, например, окна большой площади, его нужно усиливать и армировать, чтобы повысить статические характеристики. Кроме того, он хрупок при температурах ниже -20 °С и деформируется при температурах выше +50 °С.

Таким образом, плюсы алюминиевого профиля в том, что он легкий, долговечный, и кроме того правильно спроектированное сечение профиля и подобранный алюминиевый сплав позволяют получить статические

характеристики, сравнимые со сталью. При расчете схемы нагрузок слабое сечение можно усилить, стенки алюминиевого профиля утолщать, добиваясь компенсации характеристик.

Основной вес в светопрозрачных алюминиевых конструкциях приходится не на каркас, а на стекло или стеклопакеты различных габаритов и структуры. Почему выбрано стекло при создании СПК:

1. Фасад из стекла – это красиво. Такие стройматериалы, как кирпич и бетон постепенно сдают позиции перед прозрачным «легким» стеклянным фасадом.

2. Стеклянный фасад помогает поддерживать постоянный микроклимат внутри здания. Свойства стекла таковы, что в жаркую- погоду оно способно поддерживать постоянную температуру, не допуская ее резких перепадов.

3. Изоляция от уличного шума.

4. Экономия на электричестве, так как стеклянный фасад пропускает внутрь достаточно естественного света.

5. Стекло – негорючий материал, что делает его пожаробезопасным.

6. Стеклянный фасад, при условии использования качественных материалов для каркаса и крепления, способен прослужить десятки и сотни лет.

Стекло – это все аморфные тела, которые образуются в результате переохладения расплава. Эти тела вследствие постепенного увеличения степени вязкости оказываются наделенными всеми признаками твердых тел.

Среди выраженных свойств стекла можно выделить его прочность – способность сопротивляться внутренним напряжениям при воздействии каких-либо внешних нагрузок. Предел прочности стекла составляет от 500 до 2000 МПа, для сравнения, у хрусталя — 700-800 МПа, у чугуна и стали: соответственно 600-1200 и 2000 МПа. Степень прочности того или иного вида стекла зависит непосредственно от химического вещества, входящего в его состав. Более прочны стекла, включающие в свой состав оксиды кальция или бора. Низкой прочностью отличаются стекла с оксидами свинца и алюминия.

Среди химических свойств также необходимо подчеркнуть химическую стойкость стекла – способность не поддаваться воздействию воды, растворов солей, газов и влаги атмосферы. Показатели химической стойкости зависят от качества стекломассы и воздействующего агента.

Так, стекло не подвергается коррозии при действии воды. Это главное преимущество использования при создании алюминиевых СПК.

Теперь подробно рассмотрим конструктивные элементы витражных конструкций.

1.3.1 Профильная система

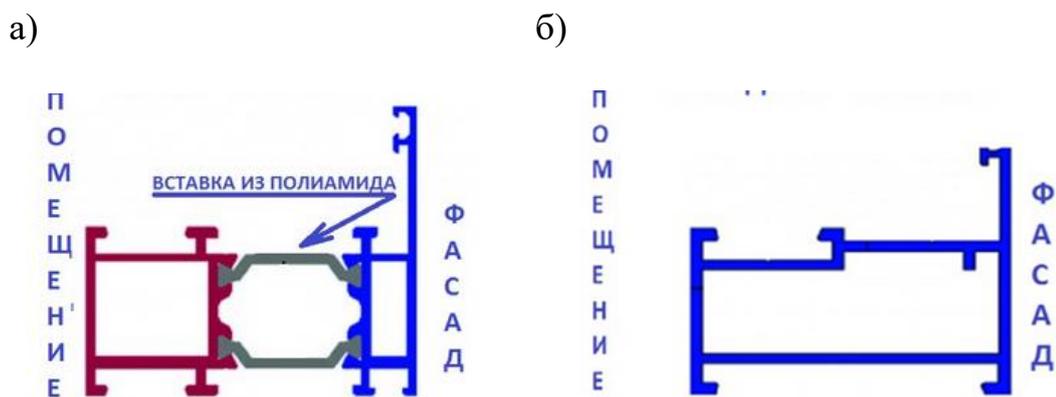
Основными типами алюминиевых систем в зависимости от конструктивных особенностей, функций и назначения, считаются «теплый» и «холодный».

«Теплый» алюминиевый профиль

Конструктивная особенность данного типа профиля состоит в наличие специальных термоизоляционных вставок из полиамида, которые препятствуют появлению мостика холода (рисунок 2, а). Они позволяют нивелировать высокую теплопроводность алюминия, снизить теплопотери, улучшить звукоизоляцию. Такие профили применяются при обустройстве общественных зданий, оранжерей, офисных помещений и других видов объектов.

«Холодный» алюминиевый профиль

Холодный профиль применим в сооружениях, где сохранение тепла не является первоочередной задачей. Он не предполагает термовставок, в связи с чем отличается легкостью и более низкой ценой по сравнению с «теплым» вариантом (рисунок 2, б). «Холодный» тип чаще всего используется при устройстве складов, лоджий и внутренних перегородок.



а) теплый профиль, б) холодный профиль

Рисунок 2 – Сечение алюминиевого профиля

На современном рынке алюминиевых светопрозрачных конструкций представлен огромный ассортимент марок. Лидерами среди отечественных производителей являются витражи российских компаний «КраМЗ», «СЕГАЛ», а также системы европейских брендов «Алютех», Schüco, «Рейнерс».

1.3.2 Светопрозрачное заполнение

Еще одна характеристика алюминиевых светопрозрачных конструкций – ширина заполнения, которая определяет, какой тип стекла или стеклопакетов можно установить в профиль. Непосредственно от заполнения зависит энергоэффективность витражной конструкции.

В качестве базового заполнения алюминиевых светопрозрачных конструкций применимо стекло толщиной от 3 мм до 18 мм согласно [9].

Стеклопакеты – изделие, состоящее из двух или более листов базового стекла, соединенных между собой по контуру с помощью дистанционных рамок и герметиков, образующих герметически замкнутые камеры, заполненные осушенным воздухом или другим газом. Толщина варьируется от 24 мм до 48 мм согласно [10].

Виды стеклопакетов представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Стеклопакет в разрезе

Согласно [7] в России производятся два вида стеклопакетов — однокамерные (СПО) и двухкамерные (СПД).

Однокамерные состоят из двух листов стекла и одной дистанционной рамки. Они легкие и подходят для остекления больших проемов. В основном их устанавливают на балконах, лоджиях и террасах.

Двухкамерные — из трех листов стекла и двух рамок. Применимы для жилых и общественных зданий, обладая большей теплоизоляцией в отличие от однокамерного.

Также предусмотрены и другие конструкции, состоящие из четырех или пяти листов стекла. Это трех- и четырехкамерные стеклопакеты. Они изготавливаются чаще всего по специальному заказу и составляют небольшой процент от общего производства, поскольку сравнительно тяжелее и пропускают меньше света, чем другие виды стеклопакетов.

Наряду со стеклом или стандартным стеклопакетом существует такое понятие, как триплекс. Или другое название — многослойное стекло. Материал состоит из трех слоев: двух стекол, скрепленных особой пленкой или специфическими полимерами. Благодаря этому он способен выдерживать огромные нагрузки, что относит его к ударозащитным изделиям.

В основном применим для витрин, дверей, перегородок – там, где требуется обезопасить людей от осколков стекла после его повреждения.

На рисунке 4 представлен пример триплекса в однокамерном стеклопакете.



Рисунок 4 – Триплекс. Однокамерный стеклопакет

В формуле стеклопакета триплекс обозначается как:

- 3.3.1 (два трехмиллиметровых стекла и пленка толщиной 1 мм);
- 4.4.1 (два стекла по 4 мм и пленка 1 мм);
- MC 33.2 (два стекла 3 мм и пленка 2 мм);
- Stratobel Clear 3.3.1 (4.4.1);
- Optilam Clear 3.3.1 (4.4.1).

В зависимости от характеристик триплекс может выдерживать удары твердым или мягким телом и воздействие огня. Существуют разновидности, способные защитить не только от шума, но и радиационных помех.

Также существуют разновидности особых покрытий, используемых как в отдельно стоящем стекле, так и в стеклопакете в целом. Применяются в основном от воздействия прямых солнечных лучей, в качестве дизайнерских решений конструкции или сокрытия от посторонних глаз. Это топ-покрытия, пленки, растворы. Они имеют различные функции: это и защита от прямых солнечных лучей

Примерами может служить:

– тонированное стекло – может быть окрашено в массу, или использована пленка, клеящаяся на поверхность (рисунок 5);

– мультифункциональное стекло наносятся слои оксида серебра и других металлов в вакуумно-магнетронной установке промышленным способом (рисунок 6).

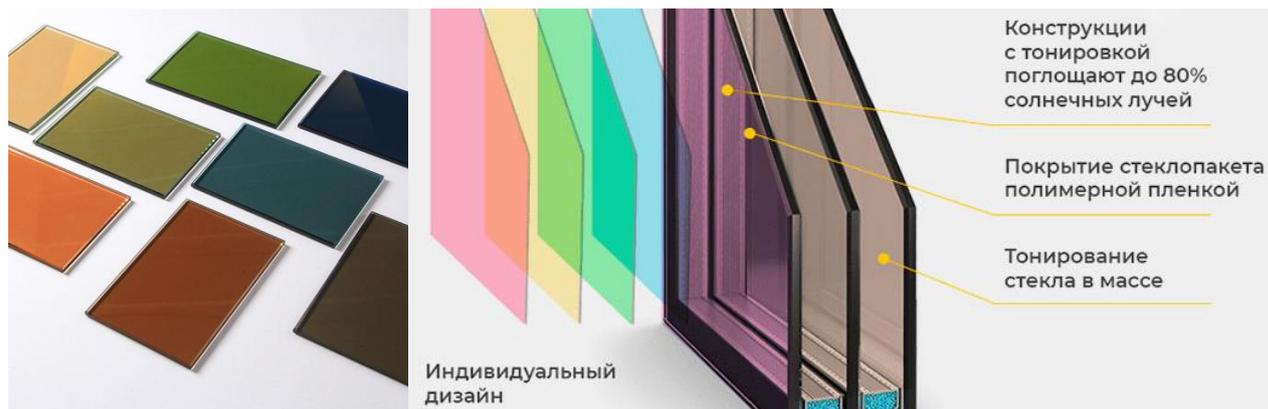


Рисунок 5 – Тонированное стекло

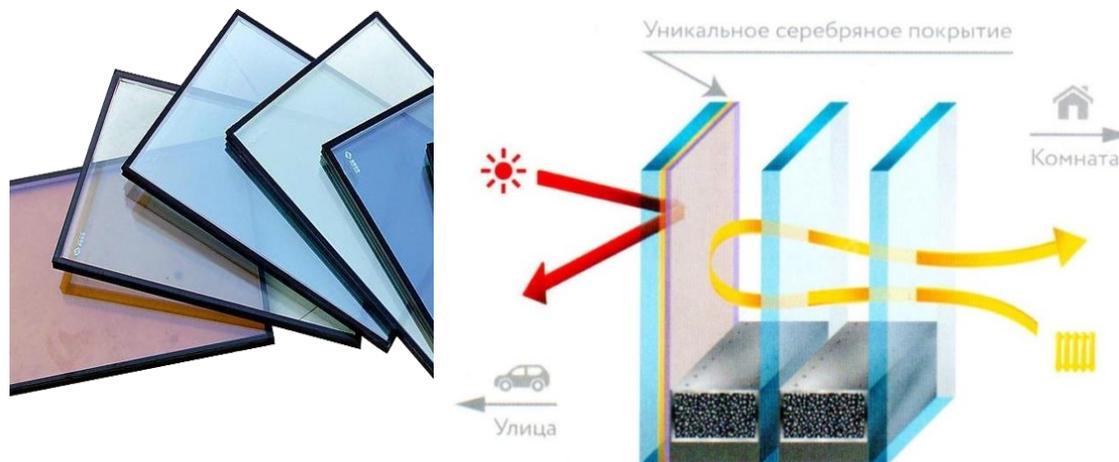


Рисунок 6 – Мультифункциональное стекло

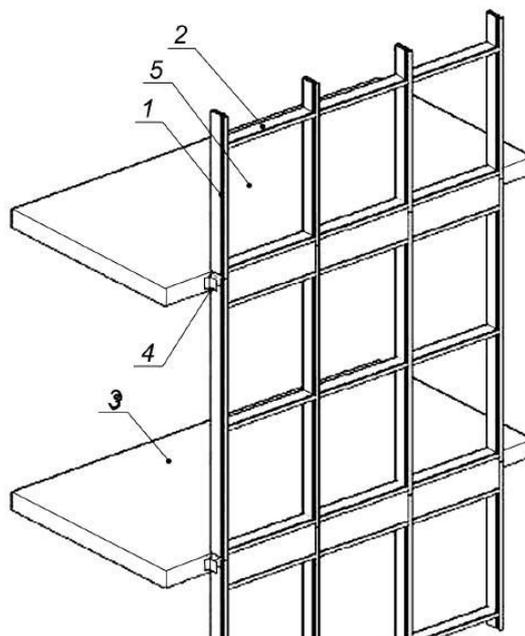
1.3.3 Конструктивные схемы алюминиевых светопрозрачных ограждающих конструкций при монтаже

Несущий каркас конструкции – основа монтажа алюминиевых светопрозрачных конструкций.

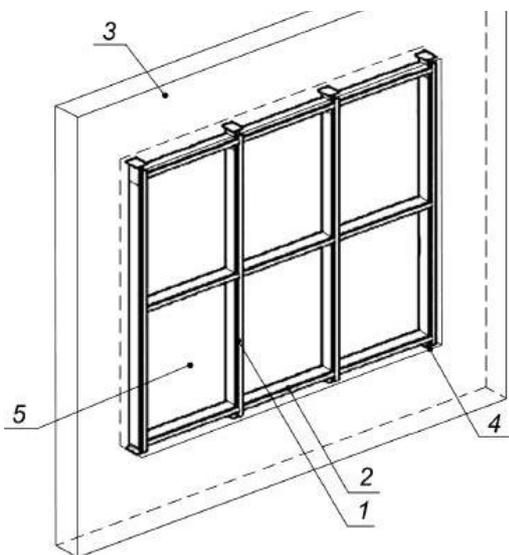
Он имеет следующие схемы крепления:

– Стоечно-ригельный – единая конструкция из стоек, ригелей и заполнения (рисунок 7).

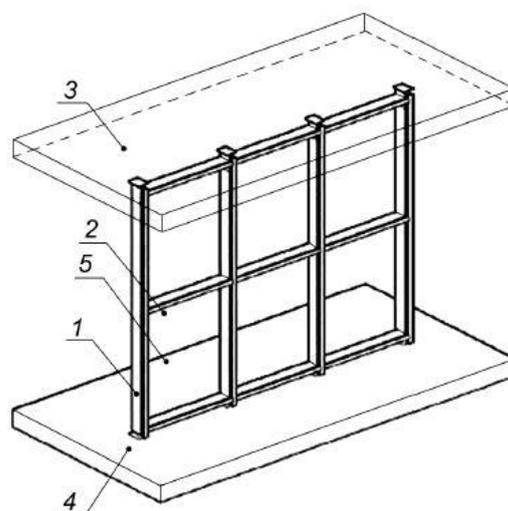
а)



б)



в)

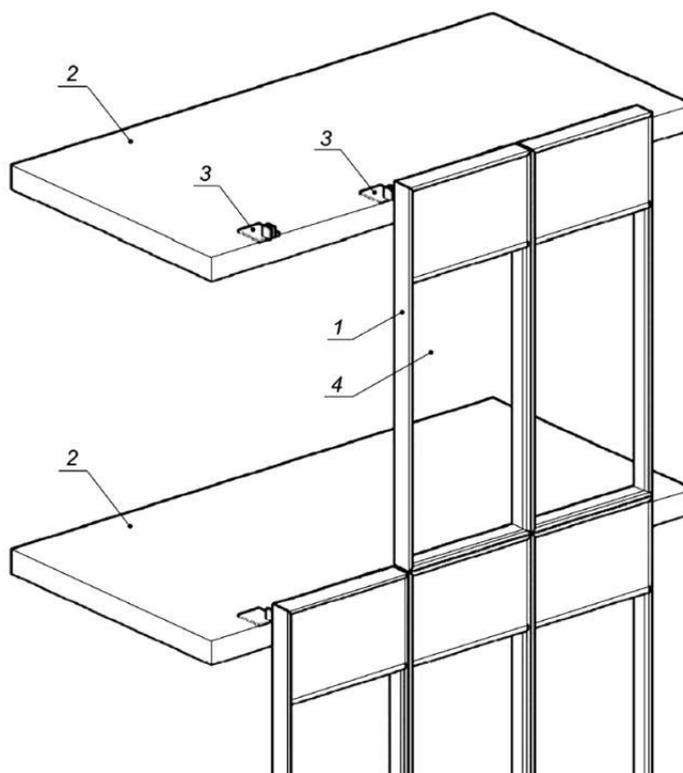


а – на отnose от каркаса здания; б – в проеме стены; в – между дисками перекрытия
1 – стойка; 2 – ригель; 3 – конструкции каркаса здания; 4 – кронштейн крепления;
5 – заполнение

Рисунок 7 – Стоечно-ригельная конструкция [3]

– Модульный – единая конструкция, состоящая из набора панелей (модулей) и межпанельных уплотнителей. Модуль представляет собой внешнюю силовую раму, внутренний каркас из стоек и ригелей, и заполнение (рисунок 8). Каждый элемент собирается на производстве и поставляется на объект в готовом виде. Монтаж производится на основе от каркаса с помощью кронштейнов.

– Структурный – все крепежные элементы располагаются внутри конструкции и с внешней стороны незаметны. Обладают улучшенными дизайнерскими характеристиками, но существуют ограничения по высотности зданий. Конструкции не имеют достаточного запаса прочности, вес конструкции ограничен.



1 – силовая рама; 2 – конструкции каркаса здания; 3 – кронштейн крепления; 4 – заполнение

Рисунок 8 – Модульная конструкция [3]

При проектировании несущего каркаса обязательно проводится статический расчет самого каркаса с учетом веса алюминиевых профилей и остекления.

Крепление алюминиевых профилей к каркасу производят с помощью стальных кронштейнов или с помощью монтажных скоб [15].

Готовая конструкция должна быть полностью герметичной снаружи, при этом система дренажных каналов должна обеспечивать отвод конденсата и внутреннее вентилирование соединений и узлов.

Узловая сборка стоек и ригелей осуществляется при помощи системных саморезов и сухарей согласно каталога конструкции. Помимо применения штатной заглушки в соединении стойка/ ригель, все стыки обрабатываются герметиком. То же самое касается и продольного соединения стойка/ стойка, используя компенсатор стыка, соединение дополнительно герметизируется. При устройстве заполнения также все герметизируется при помощи ленты Герлен (рисунок 9).

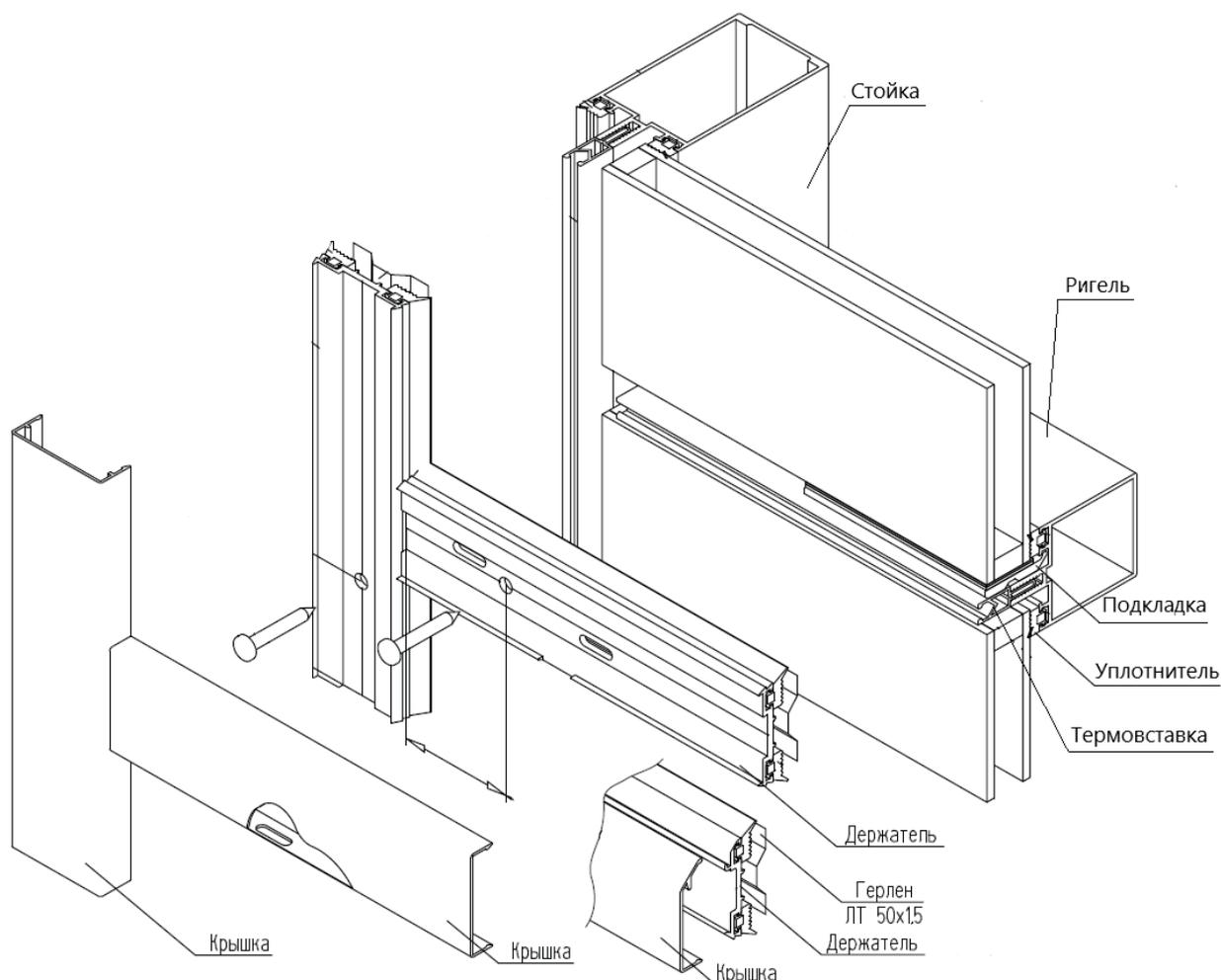


Рисунок 9 – Применение ленты Герлен при заполнении [14]

1.4 Алюминиевые светопрозрачные конструкции: отечественный и зарубежный опыты применения

С середины XX века в развитии теплоизоляции светопрозрачных конструкций при строительстве жилых, общественных и административных зданий произошел прорыв, позволивший пересмотреть подход к энергоэффективности помещения – учеными впервые был использован ПВХ для оконных рам. За полвека усовершенствования технологии использовались разные материалы, включая дерево, сталь и фиброглас.

В последнее время наиболее современным материалом все чаще называют алюминий.

Ранее считалось, что алюминиевые рамы используются для застекления лоджий, балконов или больших помещений вроде магазинов или спортзалов. Иными словами, совсем недавно алюминий использовался для остекления помещений, к которым не предъявлялись требования к комфортному постоянному пребыванию людей. Все дело в том, что алюминиевые рамы, хоть и легки в установке, обладали высокой теплопроводностью из-за природных свойств этого металла.

Однако ситуация стала меняться, и сегодня в конструктивных решениях светопрозрачных конструкций все чаще используются алюминиевые профили, как «теплые», так и «холодные».

Первое место в рейтинге производителей алюминиевого профиля для строительства занимает шведско-норвежский алюминиевый гигант Sara Building System с научно-исследовательским институтом в Белленберге компании Wicona.

Именно Wicona ее институт в Белленберге стали тем преимуществом, которое отодвигает на второе место сибирскую компанию СИАЛ. В остальном она ничем не уступит Sara.

Рассмотрим алюминиевый профиль марки Sara и СИАЛ на примере «теплого профиля» и сравним их теплотехнические характеристики.

1.4.1 Алюминиевый профиль Sara Facade 4150

Базовая профильная система – Sara Facade 4150 – с шириной профиля 50 мм и глубиной от 35 до 300 мм (рисунок 10). Термоизоляция обеспечивается внутренними прокладками и терморазрывом из изоляционного материала.

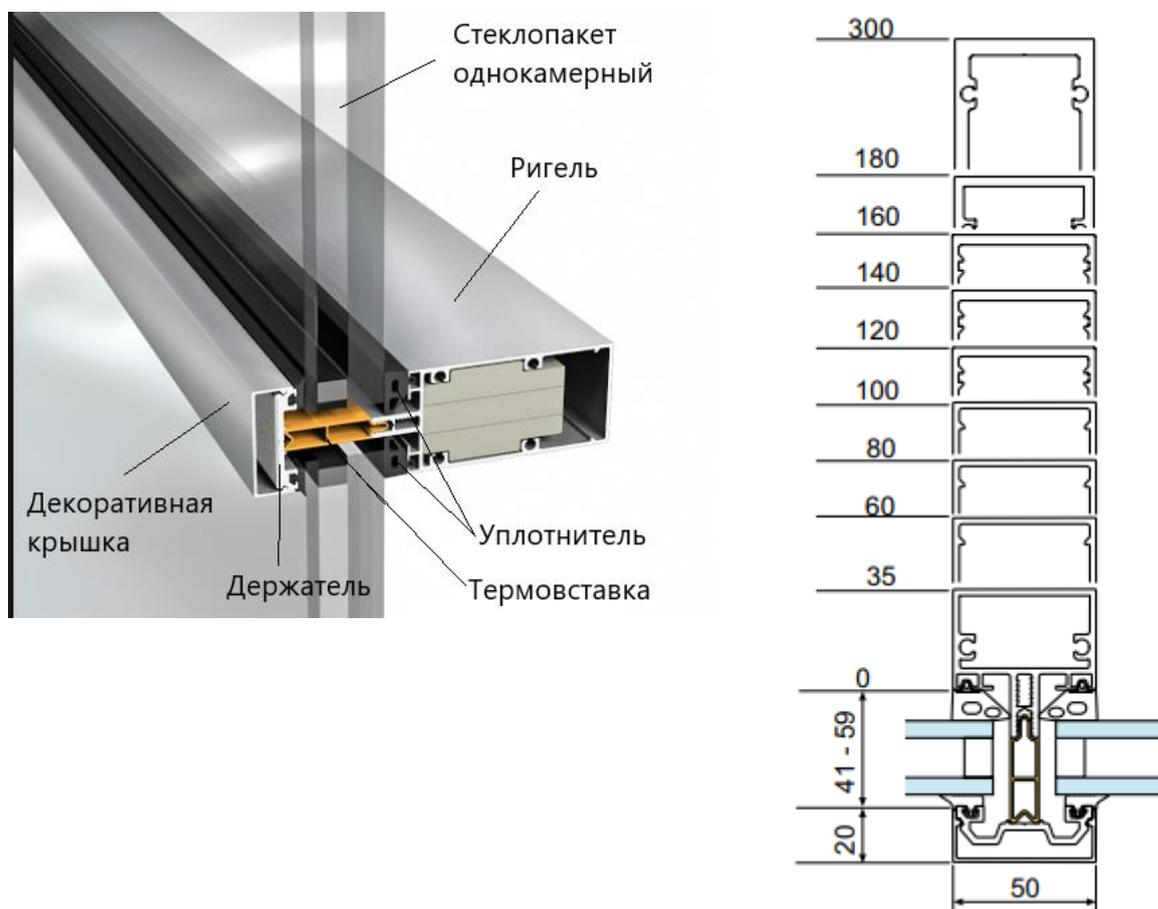


Рисунок 10 – Сечение Sara Facade 4150

Sara 4150 применим как для холодного, так и для теплового фасада. Все зависит от остекления.

Стекло применимо от 4 мм до 10 мм, стеклопакет – одно- и двухкамерный (рисунок 11). Толщиной от 23 мм до 48 мм. И максимальное сопротивление теплопередаче составляет $0,9 \text{ м}^2 \text{ }^\circ\text{C/Вт}$.

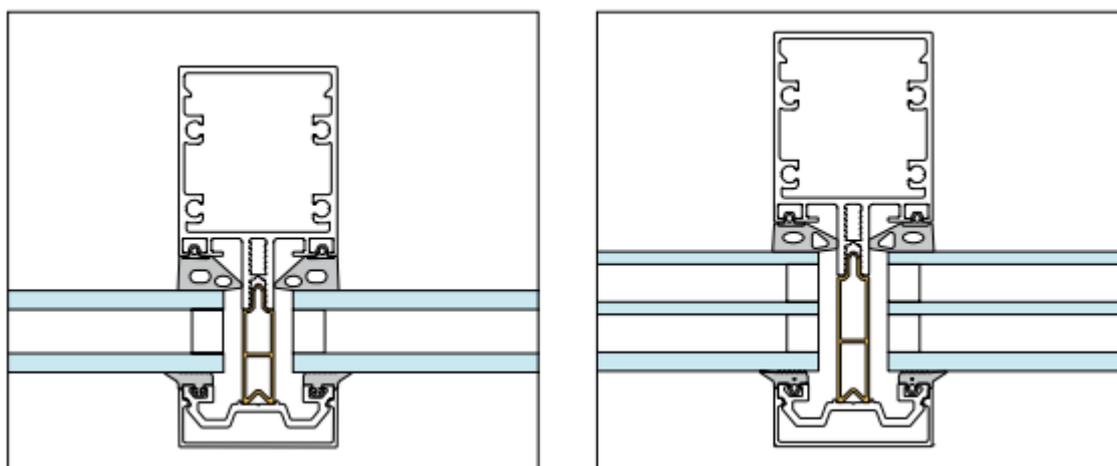


Рисунок 11 – Заполнение Sapa 4150

1.4.2 Алюминиевый профиль СИАЛ КП50

Система СИАЛ КП50 предназначена для изготовления стеновых ограждений подвесного и заполняющего типов. Основу системы составляет алюминиевые профили с видимой шириной 50 мм. Ригеля и стойки взаимозаменяемы (рисунок 12, 13).

Заполнение устанавливается на внутренние резиновые уплотнители и фиксируется алюминиевыми держателями с установленными в них уплотнителями. В качестве базового заполнения выступает стекло толщиной 6 мм по [9], однокамерные и двухкамерные стеклопакеты толщиной от 24 мм до 48 мм.

Что касается теплотехнических характеристик алюминиевого профиля КП50, показатель сопротивления теплопередаче варьируется от 0,734 – до 1,33 м² °С/Вт. В результате сертифицированных испытаний выявлено, что показатель сопротивления теплопередаче зависит в основном от применяемой термовставки и коэффициента остекления (отношения площади светопрозрачной части к общей площади конструкции). Методика расчета сопротивления теплопередаче согласно ГОСТ Р 54858-2011 конструкции представлена в каталоге [14, с. 7].

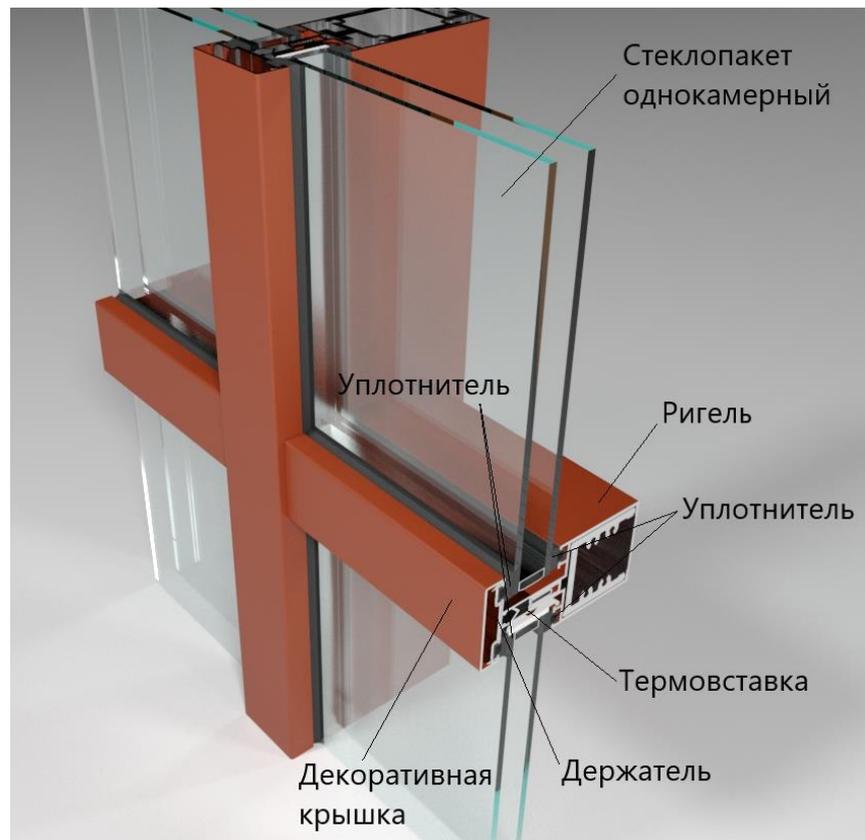


Рисунок 12 – СИАЛ КП50

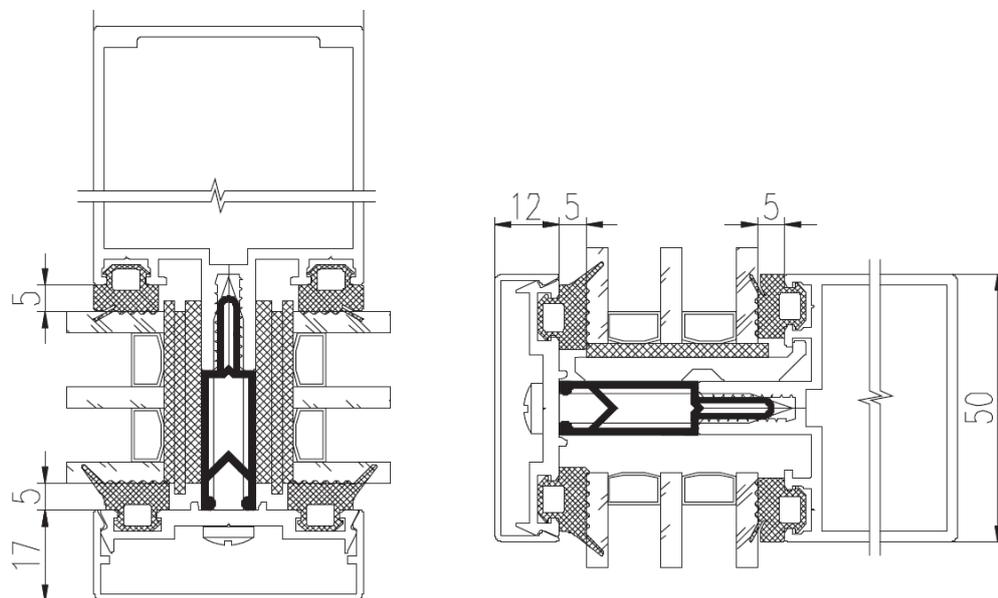


Рисунок 13 – Сечение СИАЛ КП50

Таким образом, сравнив базовый алюминиевый профиль марки КП50 нашей сибирской компании СИАЛ и профиль марки Sara Facade

4150 компании Sapa Building System, можно сделать вывод о том, что среди теплотехнических характеристик, а именно сопротивления теплопередаче, равному среднему значению $0,9 \text{ м}^2\text{°C/Вт}$, они не отличаются. Даже наоборот, среди сертифицированных испытаний, наш профиль СИАЛа при использовании определенного заполнения показывает значение, достигаемое $1,33 \text{ м}^2 \text{°C/Вт}$.

Это свидетельствует о том, что алюминиевые светопрозрачные конструкции развиваются, и российское производство не уступает зарубежному, а в чем-то даже и превосходит его.

1.5 Отечественные разработки и исследования в области алюминиевых светопрозрачных конструкций

Способность светопрозрачных ограждающих конструкций удерживать тепло внутри помещений и снижать потребности на искусственное освещение и кондиционирование эксплуатируемых зданий – одна из перспективных задач современности.

С каждым годом появляются все более новые технологии в области повышения показателей сопротивления теплопередаче витражных конструкций, как с позиции самого алюминиевого профиля, так и заполнения.

На ежегодных выставках архитектуры и строительства можно наблюдать новейшие строительные разработки. Один из примеров: в 2017 году в Мюнхене на выставке ВАУ-2017 были представлены алюминиевые профили с повышенными теплотехническими свойствами. Это был профиль ТПТ-95 компании АО «ТАТПРОФ», который имел в своей конструкции элементы ЕПДМ и каучука на внешних частях, вспененные элементы – для заполнения внутренних полостей. Такой профиль представлен на рисунке 14.



Рисунок 14 – Заполнение профиля ТПТ-95

В работе [17] Л. А. Голованов и А. С. Ерошенко провели анализ энергоэффективных светопрозрачных конструкций. Были рассмотрены типы энергосберегающего стекла (I-стекло и К-стекло), стекло тонированное и стекло рефлекторного типа.

Использование энергосберегающего стекла было недостаточным. Поскольку оно позволило хорошо снизить теплопотери в зимний период, но в летний период из-за нагрева помещения было необходимо дополнительное кондиционирование, что нерационально. Поэтому для устранения этого недостатка применялось тонированное стекло и стекло рефлекторного типа (со специальным покрытием из оксида металла), которое отражает солнечные лучи. Но опять-таки возникли недостатки у тонированного стекла – это искажение цвета внутри помещения и сильный нагрев от прямых солнечных лучей.

Таким образом, было установлено, что идеальным вариантом энергосберегающего остекления как для окон, так и для витражных конструкций, следует считать стеклопакет, в котором установлены одно стекло с энергосберегающим эффектом, а другое – с солнцезащитным покрытием.

В работе [18] Т.А. Ахмяров показал развитие светопрозрачного заполнения в зависимости от сопротивления теплопередаче (рисунок 15).

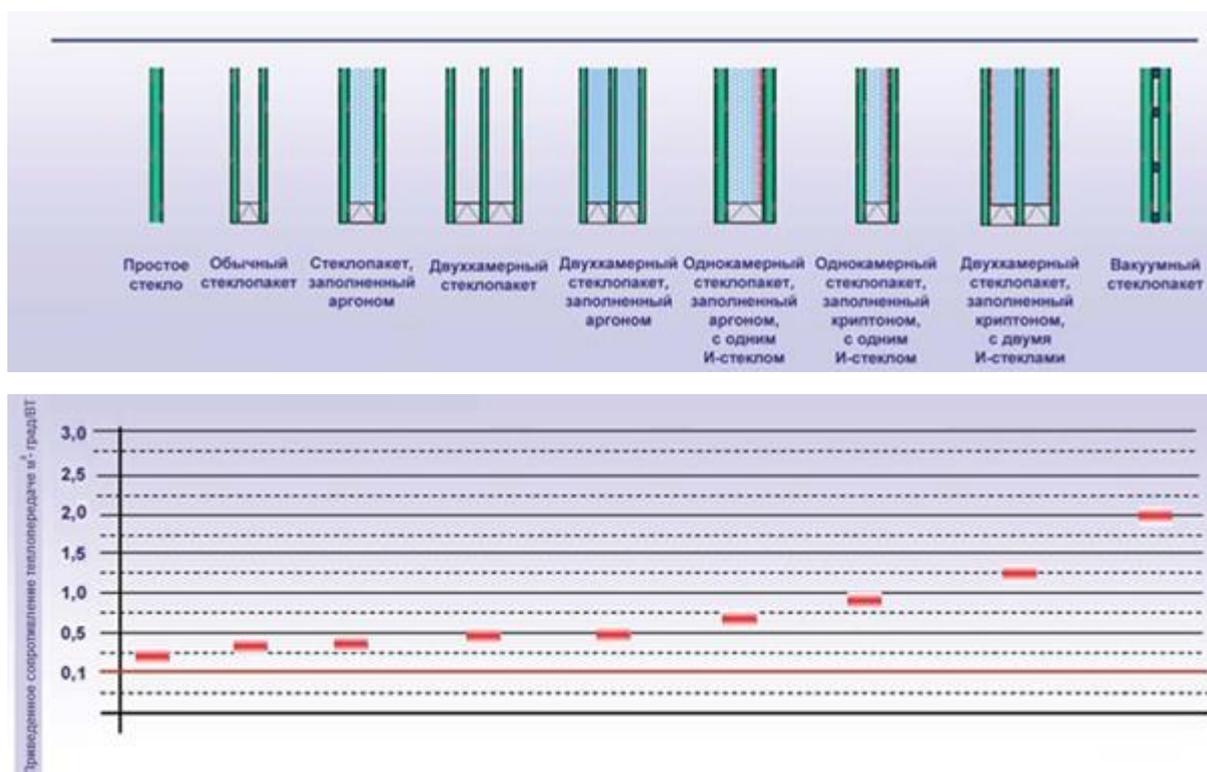


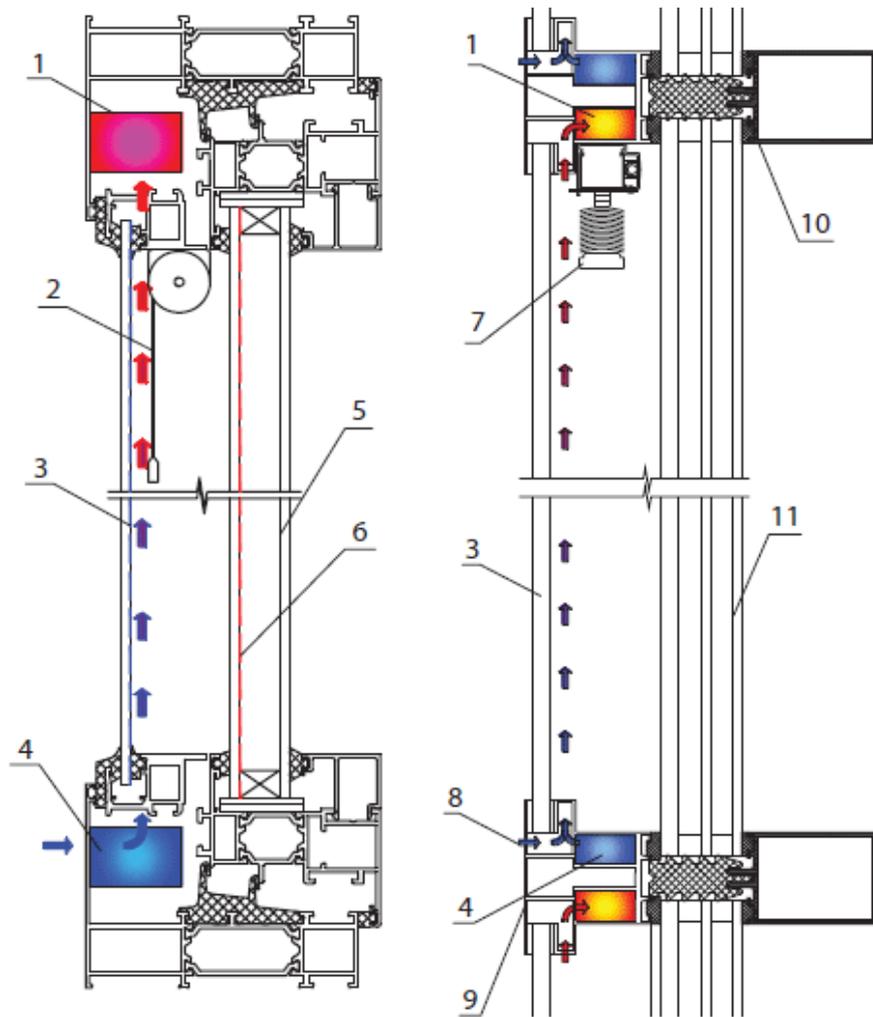
Рисунок 15 – Развитие светопропускающего заполнения оконных конструкций

И продемонстрировал новый вариант фасадного остекления витражной конструкции одновременно с применением стекла однокамерного стеклопакета и жалюзи совместно с компанией ADITIM. Данная конструкция – это усовершенствованный вид витражной конструкции, работающий на основе рекуперации.

При этом здание снаружи становится холоднее, прохождение воздуха через специально организованную прослойку ведет к изменению температур ограждающих её стенок, радиационного теплообмена между помещением, стеклами и теплоотражающими экранами (рисунок 16).

Очень важно место размещения экрана, его характеристики и направление потока тепла от нагретого теплоотражающего экрана (уходит оно в атмосферу или возвращается, рекуперировается внутрь помещения). В

данном случае совместное действие теплоотражающего экрана в воздушном промежутке и вентилирования через этот промежуток с активной рекуперацией тепла и влаги внутрь помещения наружным холодным воздухом, многократно повышает тепловой эффект, что доказано экспериментально в постановочных экспериментах [19].



а) теплое алюминиевое окно; б) стоечно-ригельная алюминиевая система;

1 – канал сбора воздуха; 2 – тканевый экран с теплоотражающим покрытием; 3 – внешнее К-стекло; 4 – распределительный канал потока воздуха; 5 – однокамерный стеклопакет; 6 – I-стекло; 7 – жалюзи с низкоэмиссионным покрытием; 8 – приток холодного воздуха; 9 – несущая крышка-прижим; 10 – стоечно-ригельная система; 11 – двухкамерный стеклопакет

Рисунок 16 – Варианты энергоэффективных вентилируемых светопрозрачных ограждающих конструкций с активной рекуперацией выходящего теплового

потока

Таким образом, энергоэкономичные вентилируемые светопрозрачные конструкции обеспечивают как повышение их теплотехнических характеристик с возвратом (рекуперацией) значительной части теплового потока, ранее ушедшего в атмосферу, так и вентилирование наружным воздухом помещений через наружные ограждения, включая окна и фасады, фактически без дополнительных энергетических потерь.

1.6 Вывод по главе 1

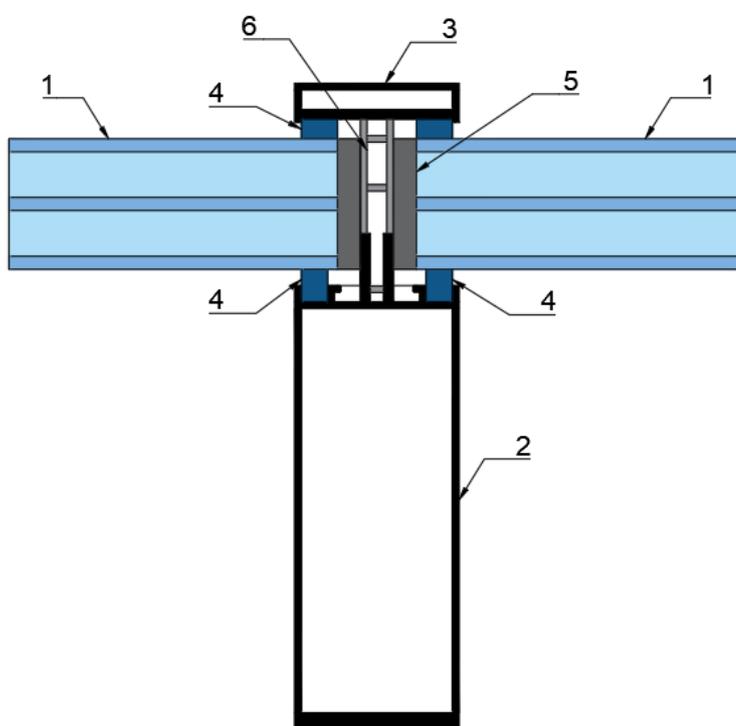
В ходе анализа отечественного и зарубежного опыта в области разработок по улучшению теплотехнических характеристик окон и витражей из алюминиевого профиля, было выявлено, что на данный момент ведется работа по увеличению числа воздушных камер стеклопакета, а также по внедрению дополнительных покрытий стекла, позволяющих удерживать тепло внутри помещения. В свою очередь, алюминиевый профиль усовершенствуется различными вставками с повышенными теплотехническими свойствами.

Таким образом, для установления оптимальных и рекомендуемых к дальнейшему применению алюминиевых светопрозрачных конструкций в климатических условиях г. Красноярска, в следующих главах будут описаны методы и инструменты, используемые для определения теплотехнических характеристик глухих витражей, а также выполнены расчеты на соответствие действующей нормативно-технической документации и проведена экономическая оценка с позиции энергоэффективности.

ГЛАВА 2 РАСЧЕТ СВЕТОПРОЗРАЧНЫХ АЛЮМИНИЕВЫХ КОНСТРУКЦИЙ В ПК THERM И WINDOW

2.1 Методика проведения исследования и анализ результатов

Для расчета светопрозрачных алюминиевых конструкций подобраны базовые узлы, основным из которых является узел сечения алюминиевого профиля со вставленными по краям стеклопакетами, по которым и будет произведена выборка (рисунок 17).



1 – двухкамерный стеклопакет, 2 – алюминиевый профиль системы СИАЛ КП50, 3 – алюминиевый держатель и крышка КП50, 4 – резиновый уплотнитель, 5 – подкладка под стеклопакет, 6 – термовставка ПВХ

Рисунок 17 – Типовой узел расчета

Имея готовую схему, необходимо создать расчетную модель конструкции для дальнейшего анализа и выбора оптимального решения для улучшения теплотехнических характеристик с помощью программных комплексов THERM 7.6 и WINDOW 7.6.

2.2 Основа программы

Программа THERM в своей работе использует решение двумерной (плоской) задачи теплопроводности и радиационный анализ теплопередачи, основанный на методе конечных элементов, который может моделировать сложные конфигурации светопрозрачных конструкций совместно с ПК WINDOW. В общем целом они являются инструментами математического моделирования двумерных температурных полей.

Математическое моделирование помогает оптимизировать процесс исследования и выявить проблемы, связанные с накоплением влаги из-за выпадения конденсата. Также численное моделирование не требует экономических затрат, это, в свою очередь, делает исследование наиболее доступным.

Процесс распространения тепла описывает уравнение теплопроводности:

$$\frac{\partial}{\partial x} \lambda \frac{\partial T}{\partial x} + \frac{\partial}{\partial y} \lambda \frac{\partial T}{\partial y} = 0, \quad (1.5)$$

где λ – коэффициент теплопроводности, Вт/(м · °С);

T – температура, °С.

Для выполнения теплотехнического расчета посредством математического моделирования определяются условия однозначности:

- геометрическая форма области расчета;
- свойства материалов конструкции;
- расчетные параметры наружной и внутренней среды.

2.3 Расчет в программе THERM и WINDOW

В своей работе основным критерием выборки для оптимизации конструкции является вид заполнения – это марка стеклопакета. Дистанционная рамка применяется алюминиевая шириной 14 мм. Исследуемые стеклопакеты:

- Двухкамерный стеклопакет шириной 40 мм (СПД 4M1-14-4M1-14-4M1);
- Двухкамерный энергосберегающий стеклопакет шириной 40 мм (СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4M1);
- Двухкамерный энергосберегающий стеклопакет шириной 40 мм с ТОП-покрытием (СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4ТОП).

Теперь составим модель расчета для каждого из вариантов. Для этого выполняем следующее:

1. Рисуем полигоны для представления геометрии профиля.
2. Систему остекления импортируем из программы WINDOW 7.6 (конструкция стеклопакета была предварительно задана, смотри рисунок 18). В качестве дистанционной рамки используем алюминиевую.
3. После того, как рисунок готов, задаем материалы каждому полигону. Используем библиотеку материалов THERM по умолчанию для твердых тел модели или полостей рамы, в случае необходимости создаем новые материалы (рисунок 19).

Свойства используемых материалов приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Свойства используемых материалов

Материал	Коэффициент теплопроводности λ_A , Вт/(м·°С)	Источник
Пенополистирол ППС100	0,038	Из библиотеки ПК THERM
Стекло	0,76	- " -
Поливинилхлорид	0,17	- " -
Пена монтажная	0,04	- " -
Алюминиевый сплав	160	- " -
Уплотнитель	0,15	- " -
Воздушная прослойка	Варьируется программой	- " -

Расчетные параметры наружной и внутренней среды приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Расчетные параметры наружной и внутренней среды

Параметры	Значения параметров	Источник
1. Населенный пункт	г. Красноярск	-
2. Расчетная температура наружного воздуха, t_n , °С	-37	СП 131.13330.2020 табл.3.1
3. Расчетная температура внутреннего воздуха, t_v , °С – общественные помещения 2 категории	19	ГОСТ 30494-2011 табл. 1
4. Расчетная относительная влажность внутреннего воздуха, φ_v , % – общественные помещения 2 категории	50	СП 50.13330.2012 п.5.7
5. Температура «точки росы» – общественные помещения 2 категории	8,3	СП 23-101-2004 прил. Р
6. Коэффициент теплоотдачи наружной поверхности α_n , Вт/(м ² ·°С) – стены – оконного блока	23 23	СП 50.13330.2012
7. Коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности α_v , Вт/(м ² ·°С) – стены – окна	8,7 8,0	СП 50.13330.2012 табл. 4
8. Влажностный режим помещений	Нормальный	СП 50.13330.2012 табл. 1
9. Зона влажности территории строительства	Сухая	СП 50.13330.2012 прил. В
10. Условия эксплуатации ограждающих конструкций	А	СП 50.13330.2012 табл. 2

a)

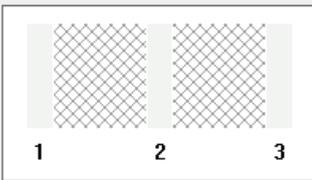
ID #: 1 Name: 4M1-14-4M1-14-4M1

Layers: 3 Tilt: 90 ° IG Height: 1000.00 mm

Environmental Conditions: Krasnoyarsk IG Width: 1000.00 mm

Comment:

Overall thickness: 40.000 mm Mode: # Model Deflection



	ID	Name	Mode	Thick	Flip	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tir	E1	E2	Cond
▼	Glass 1 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000
	Gap 1 ▶▶	1 Air		14.0											
▼	Glass 2 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000
	Gap 2 ▶▶	1 Air		14.0											
▼	Glass 3 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000

б)

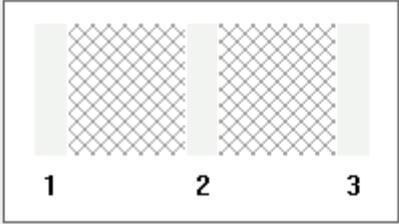
ID #: 62 Name: 4m1-14ar-4m1-14ar-4m1

Layers: 3 Tilt: 90 ° IG Height: 1000.00 mm

Environmental Conditions: Krasnoyarsk IG Width: 1000.00 mm

Comment:

Overall thickness: 40.000 mm Mode: # Model Deflection



	ID	Name	Mode	Thick	Flip	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tir	E1	E2	Cond
▼	Glass 1 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000
	Gap 1 ▶▶	2 Argon		14.0											
▼	Glass 2 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000
	Gap 2 ▶▶	2 Argon		14.0											
▼	Glass 3 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000

в)

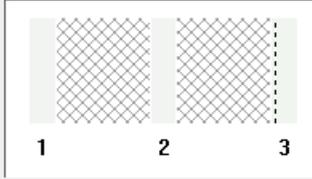
ID #: 63 Name: 4m1-14ar-4m1-14ar-4top

Layers: 3 Tilt: 90 ° IG Height: 1000.00 mm

Environmental Conditions: Krasnoyarsk IG Width: 1000.00 mm

Comment:

Overall thickness: 40.000 mm Mode: # Model Deflection



	ID	Name	Mode	Thick	Flip	Tsol	Rsol1	Rsol2	Tvis	Rvis1	Rvis2	Tir	E1	E2	Cond
▼	Glass 1 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000
	Gap 1 ▶▶	2 Argon		14.0											
▼	Glass 2 ▶▶	21021 PLANILUX 4mm.SGG	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.849	0.076	0.076	0.900	0.081	0.081	0.000	0.840	0.840	1.000
	Gap 2 ▶▶	2 Argon		14.0											
▼	Glass 3 ▶▶	21434 PLANITHERM XN 4mm.	#	4.0	<input type="checkbox"/>	0.642	0.292	0.260	0.901	0.049	0.059	0.000	0.050	0.840	1.000

а) – СПД 4M1-14-4M1-14-4M1; б) – СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4M1;

в) – СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4ТОП

Рисунок 18 – Конструкция стеклопакета в ПК WINDOW 7.6

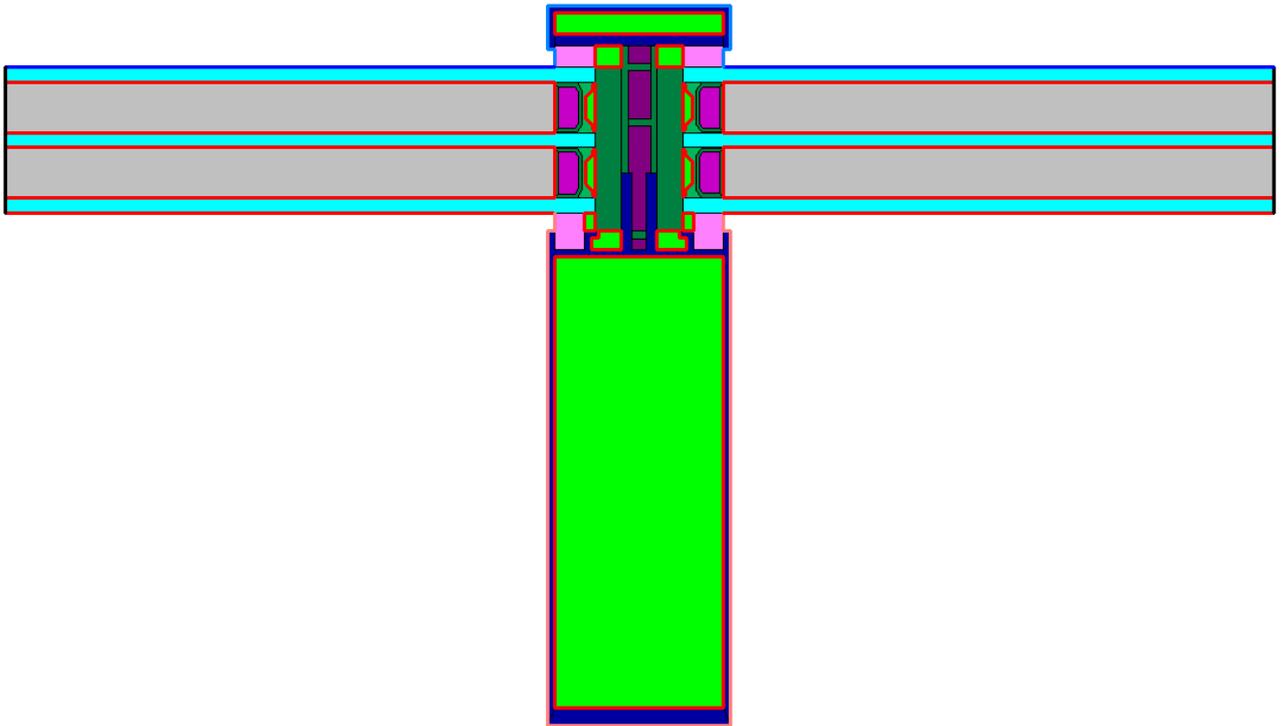


Рисунок 19 – Модель расчета

Далее задаем граничные условия для района строительства г. Красноярска (рисунок 20). И непосредственно переходим к расчету.

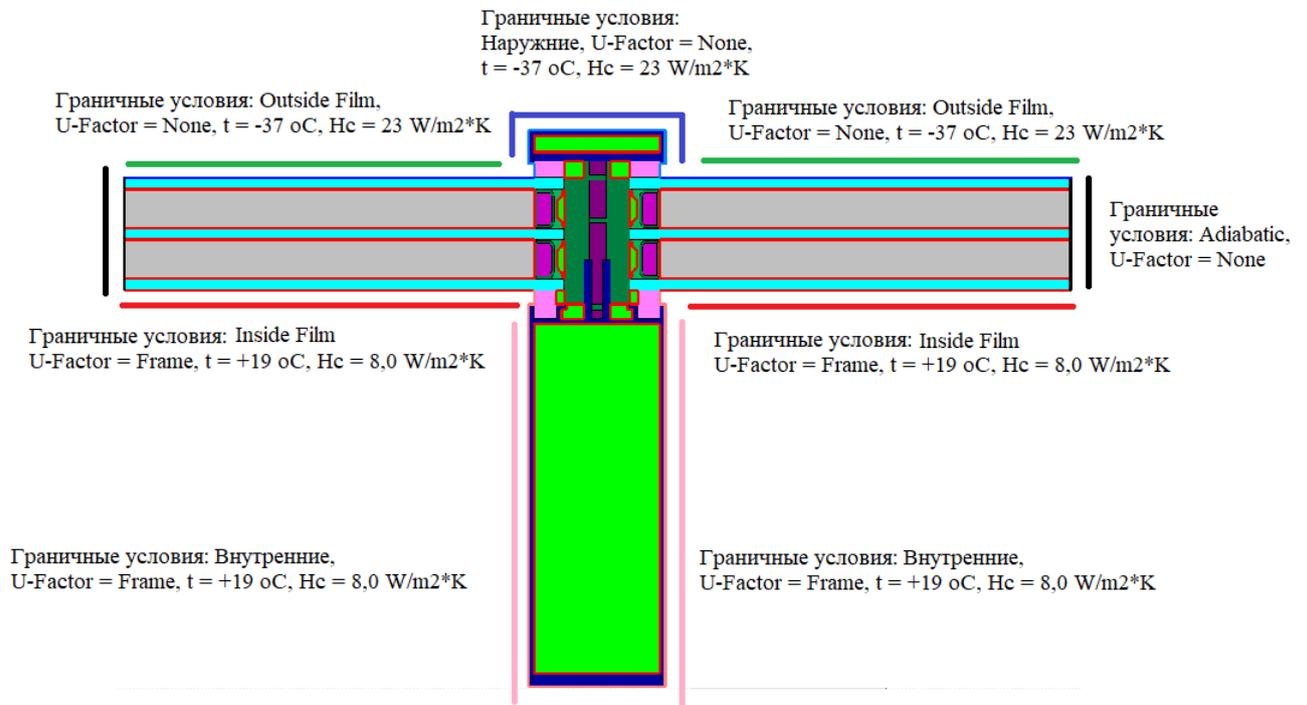


Рисунок 20 – Граничные условия для г. Красноярска

2.4 Результаты

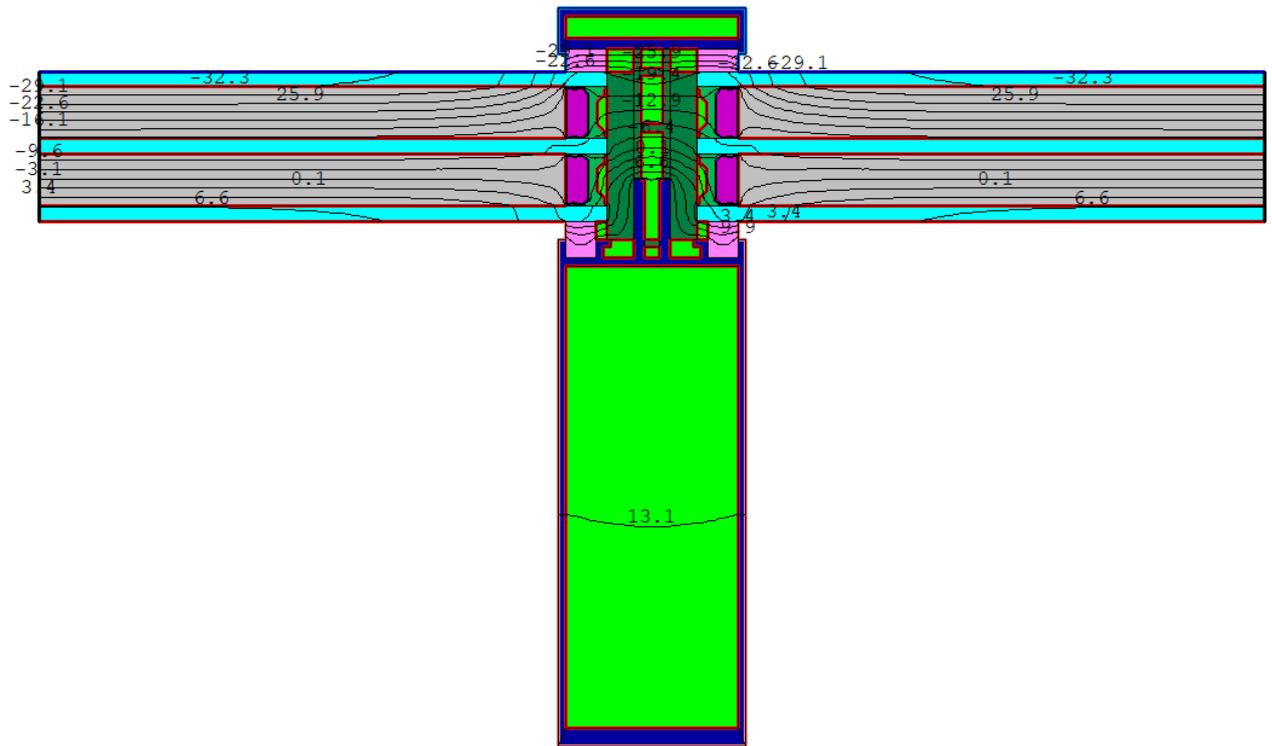
Полученные результаты могут быть представлены в виде:

- U-фактор (коэффициент теплопередачи $Вт/(м^2 \cdot К)$);
- конечно-элементная сетка;
- изотермы;
- изображение векторов теплового потока;
- градиенты температур;
- цветовые линии теплового потока;
- температуры (локальное и среднее число, максимальное и минимальное значение).

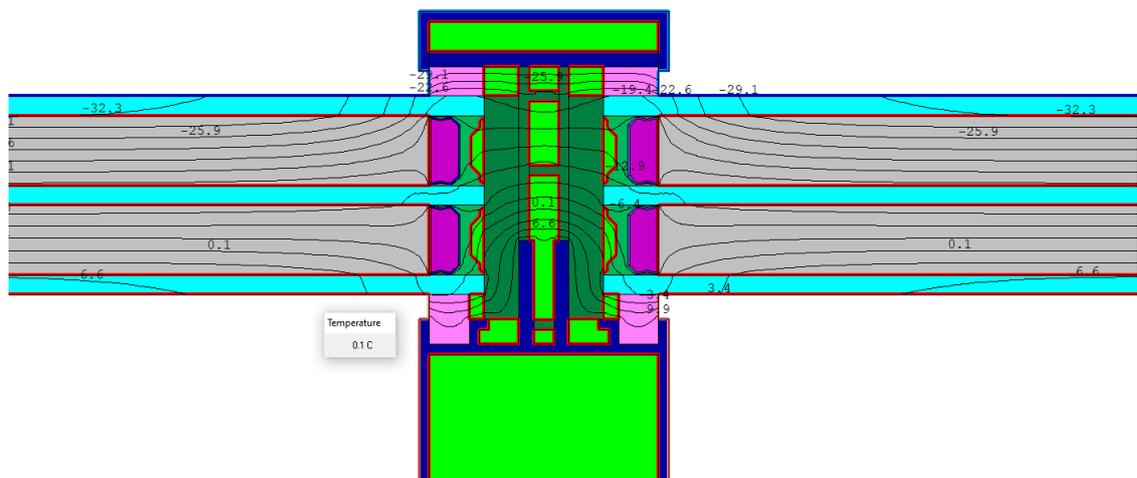
Таким образом, мы получили 3 готовые схемы с различным видом заполнения. В ходе расчета определялись значения температуры на внутренней поверхности конструкции для проверки на соответствие санитарно-гигиеническим требованиям [1].

На рисунках 21-26 представлены изотермы наших конструкций.

a)



б)



а) общая схема распределения изотерм; б) увеличенная схема с минимальной температурой в углу стеклопакета

Рисунок 21 – Изотермы варианта 1

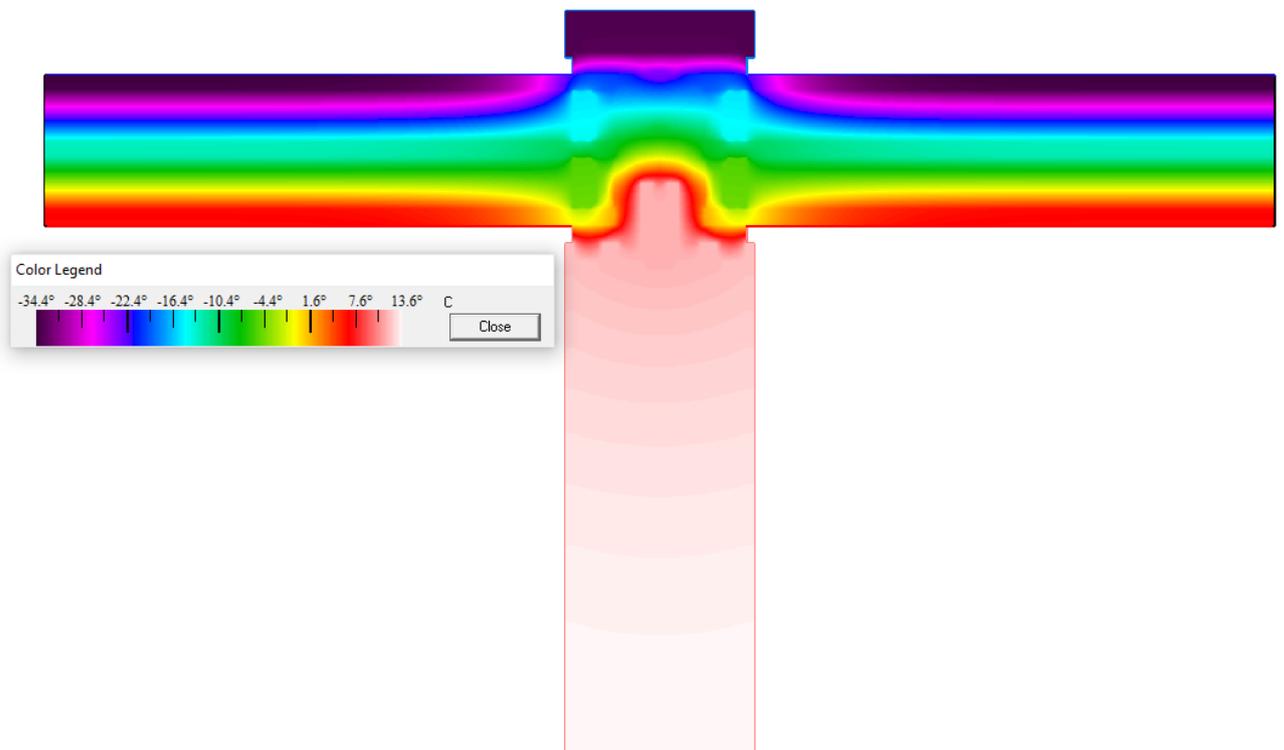


Рисунок 22 – Цветовые линии теплового потока варианта 1

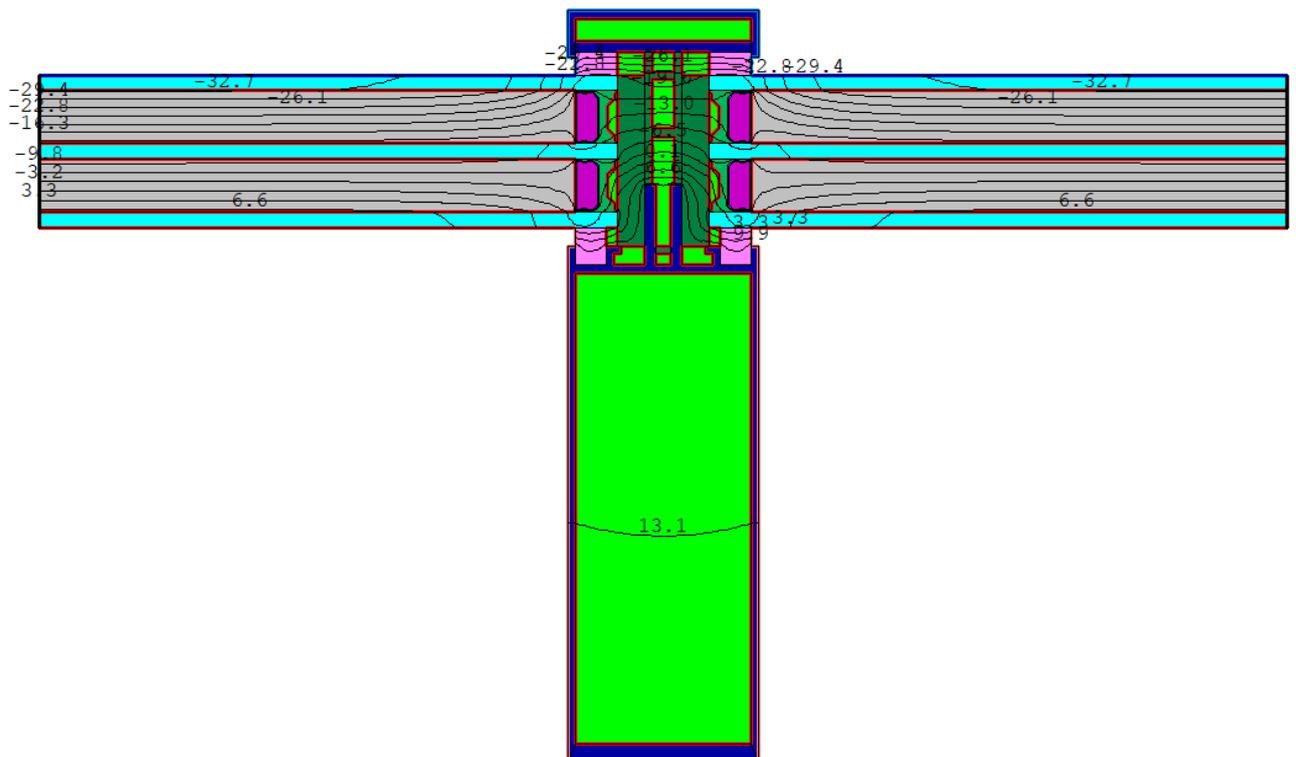


Рисунок 23,а – Изотермы варианта 2

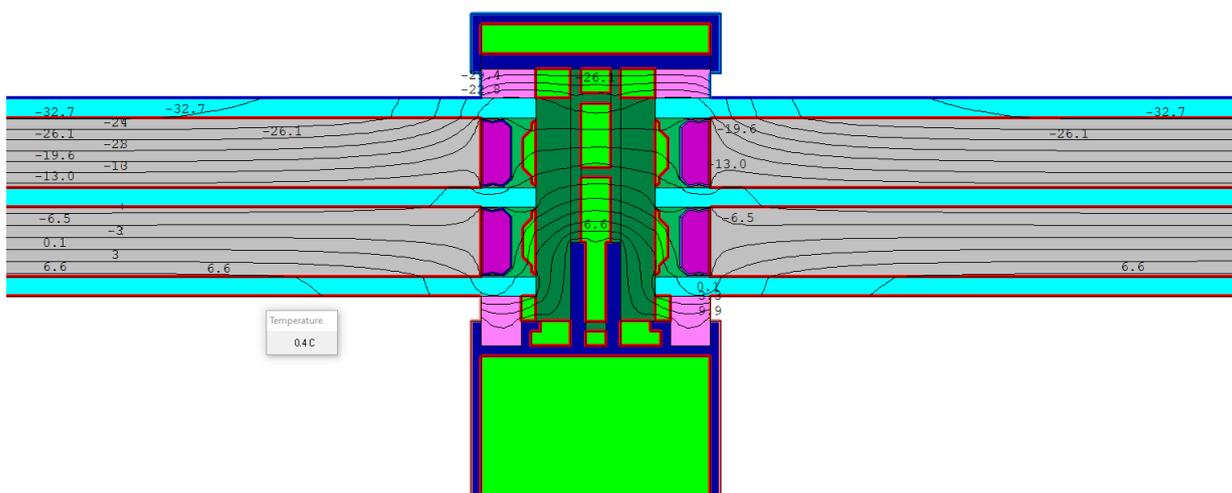


Рисунок 23,б – Изотермы варианта 2

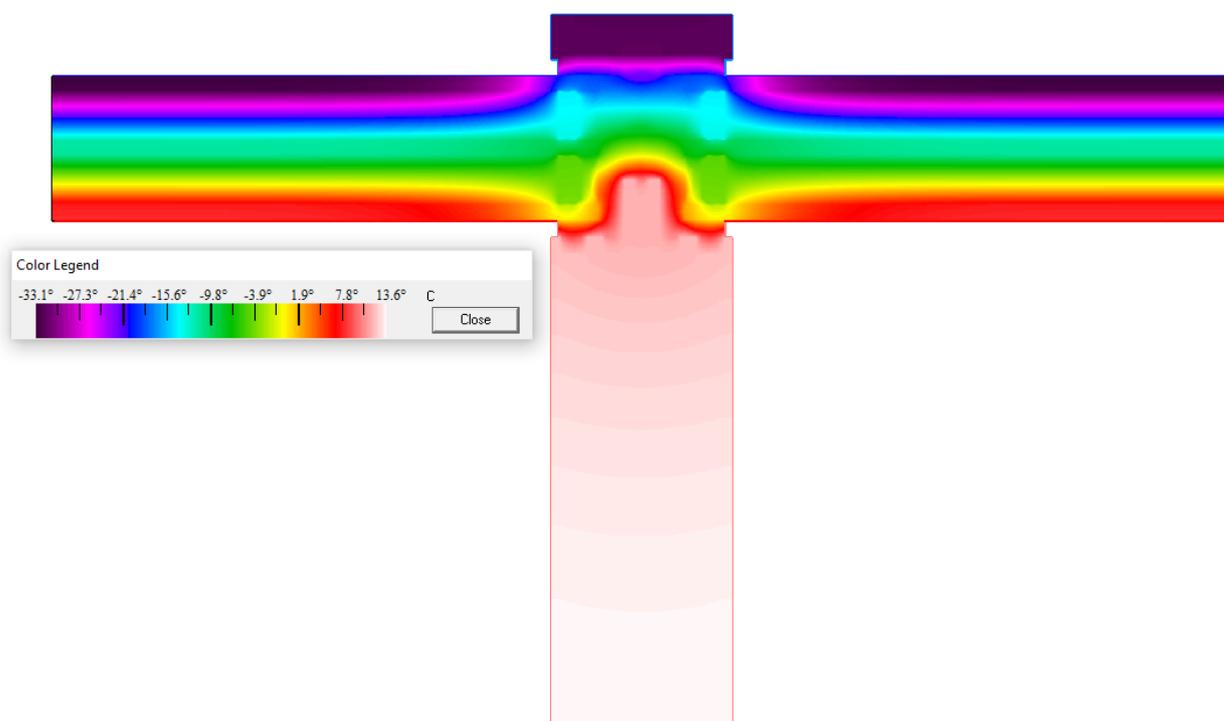


Рисунок 24 – Цветовые линии теплового потока варианта 2

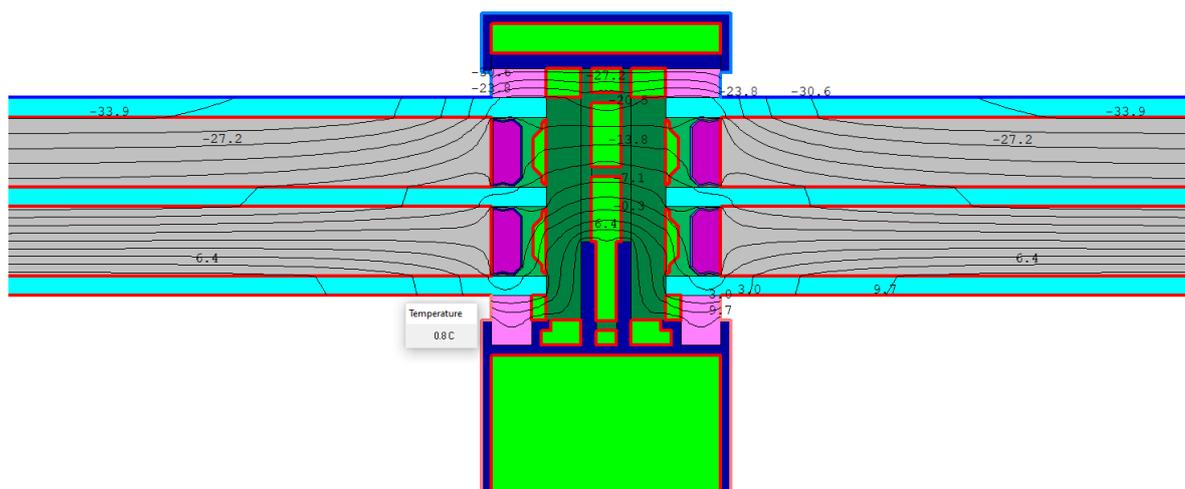
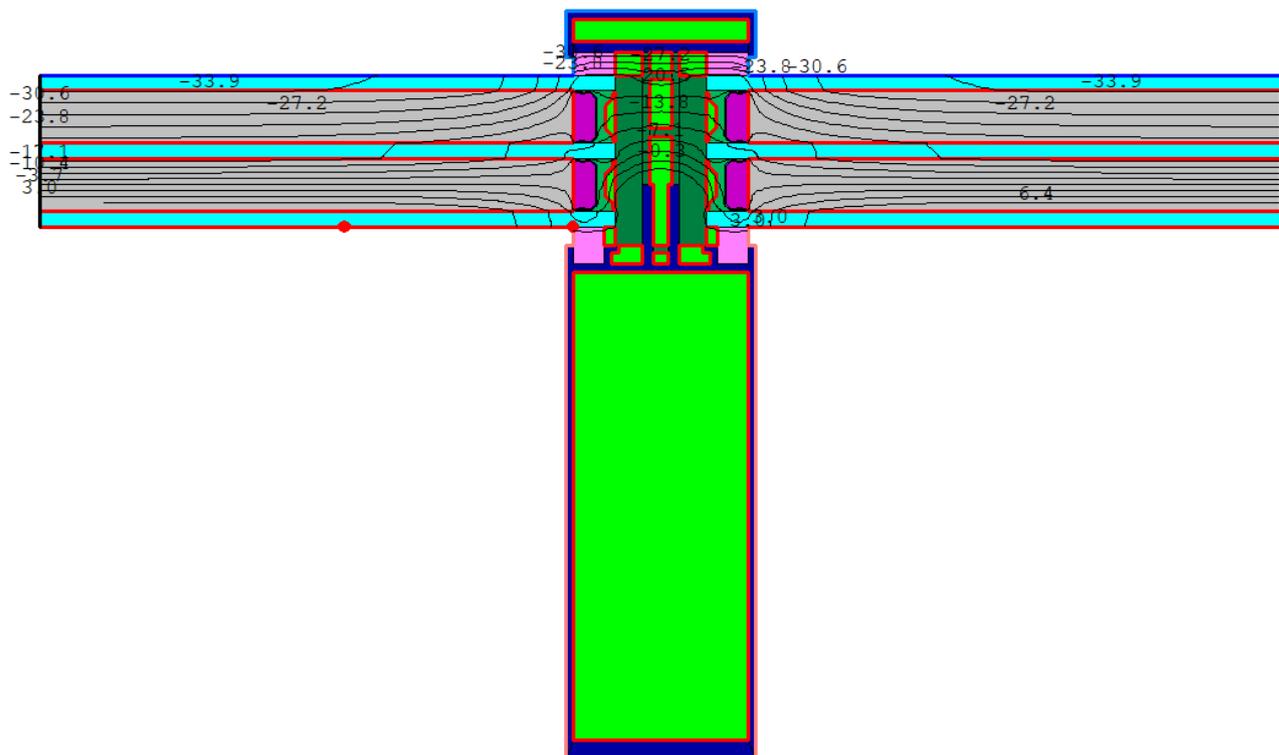


Рисунок 25 – Изотермы варианта 3

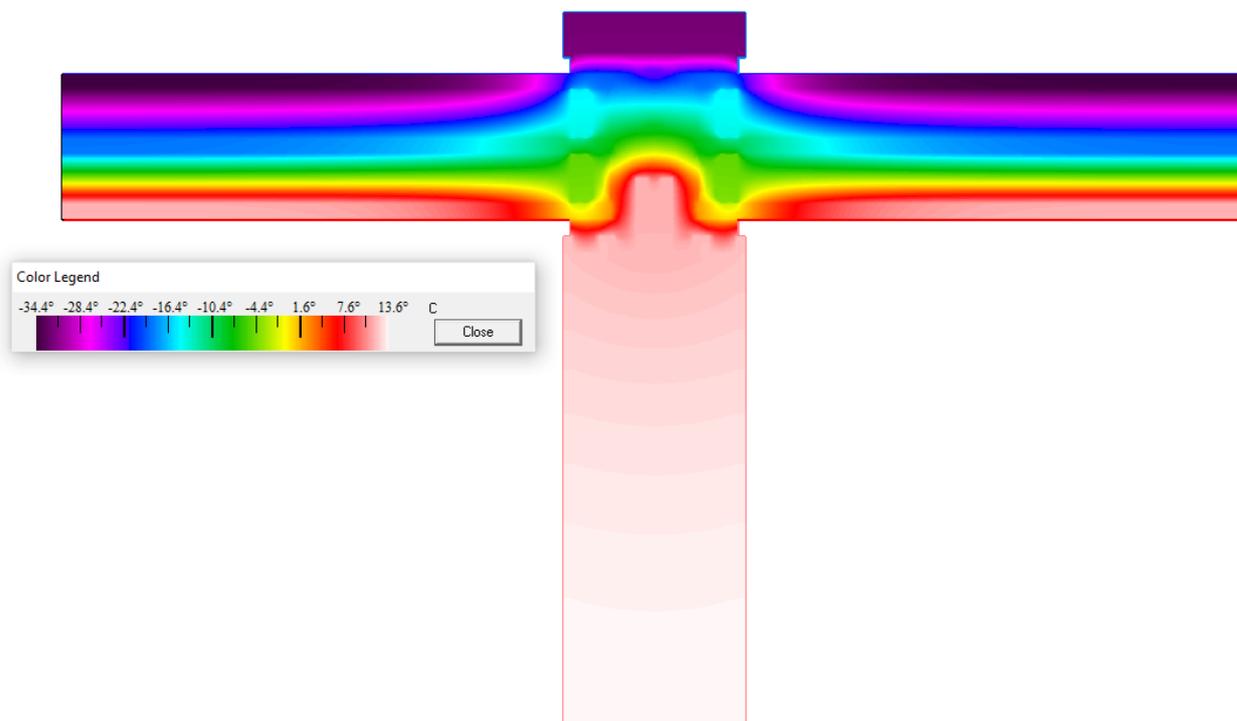


Рисунок 26 – Цветовые линии теплового потока варианта 3

В ходе проведения расчета выявлено, что применение алюминиевой дистанционной рамки дает неудовлетворительные результаты. Температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого профиля составляет **0,1 °С** – для варианта 1 с заполнением СПД 4М1-14-4М1-14-4М1; для варианта 2 с заполнением СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar –4М1 – **0,4 °С**; для варианта 3 с заполнением СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar–4ТОП – **0,8 °С**. Разница значений первого и третьего варианта составляет **12,5%**.

Согласно [24] минимальное значение температуры точки росы для г. Красноярска – **8,3 °С**. Из этого следует, что данные конструкции не проходят нормативные значения. Поэтому необходима их модификация.

2.5 Модификация витражной конструкции

По результатам проведенных выше исследований видно, что уязвимым местом в витражной конструкции является зона перехода с поливинилхлоридной подкладки к стеклопакету, а это как раз наша

дистанционная рамка. В предыдущих расчетах была использована рамка из алюминия.

Учитывая факт того, что в холодное время года понижение температуры на внутренней поверхности светопрозрачного заполнения приводит к образованию конденсата и увлажнению профиля, а при низких температурах – к образованию инея и наледи, рассмотрим применение дистанционной рамки из поливинилхлорида и выполним расчет.

Результаты представлены на рисунках 27–32.

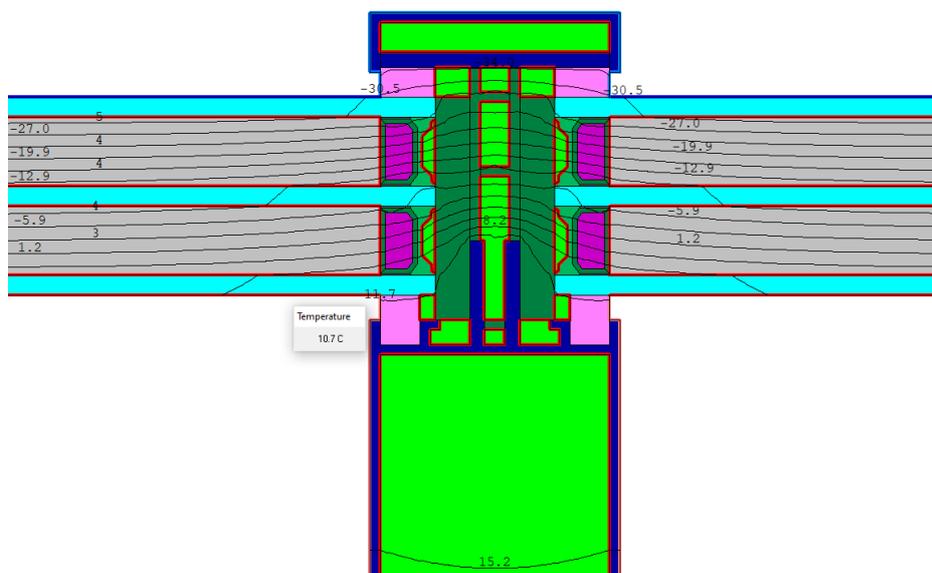


Рисунок 27 – Изотермы варианта 1 с дистанционной рамкой из ПВХ

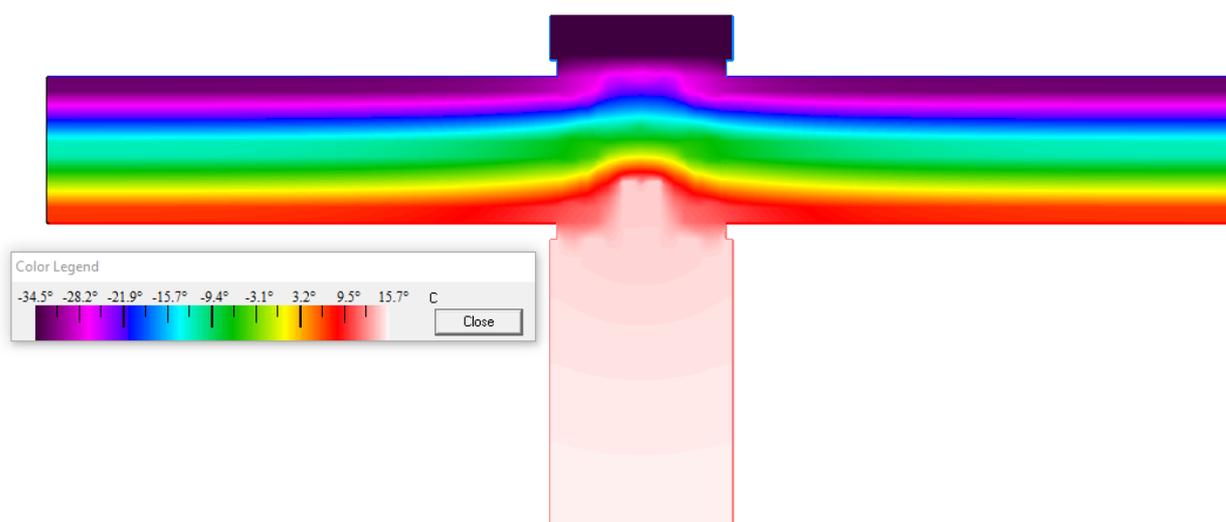


Рисунок 28 – Цветовые линии теплового потока варианта 1 с рамкой из ПВХ

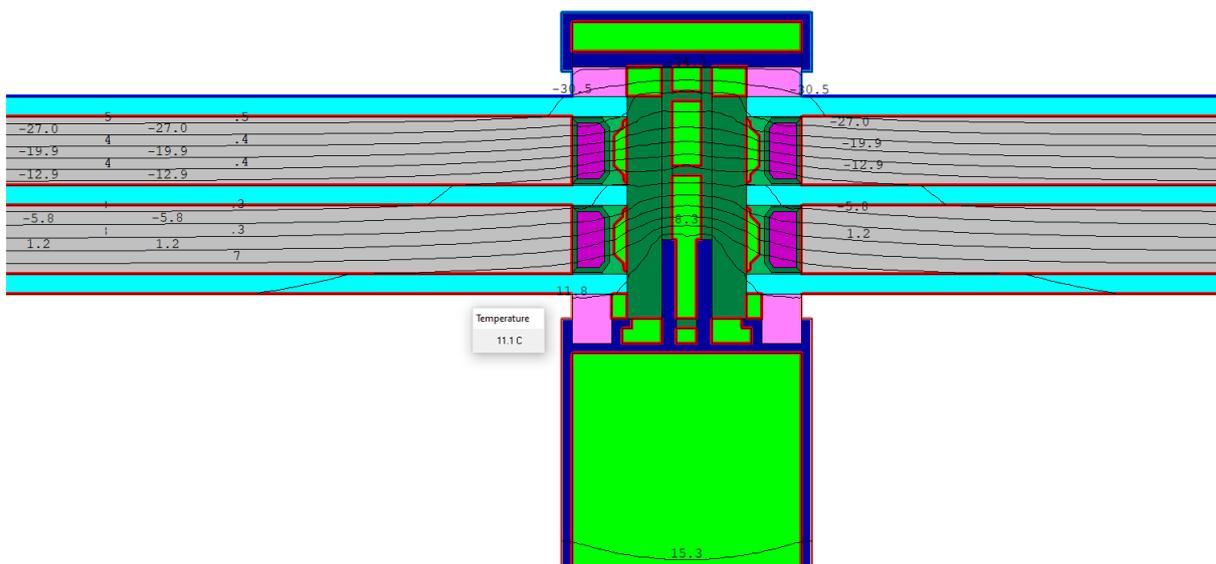


Рисунок 29 – Изотермы варианта 2 с дистанционной рамкой из ПВХ

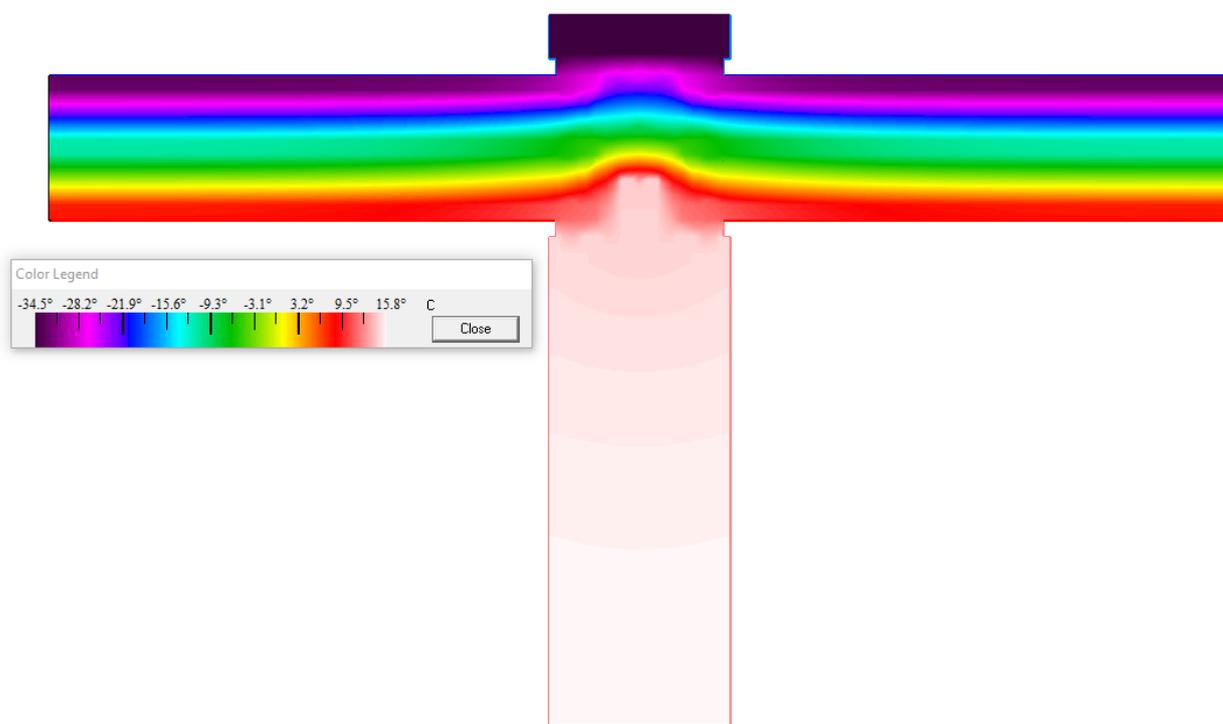


Рисунок 30 – Цветовые линии теплового потока варианта 2 с дистанционной рамкой из ПВХ

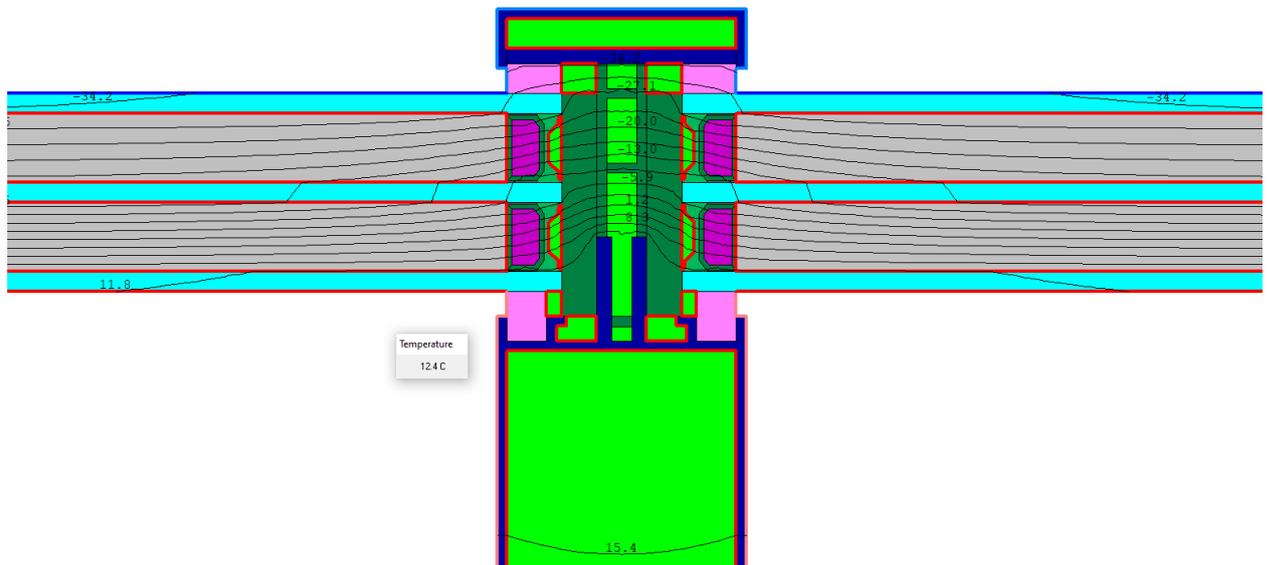


Рисунок 31 – Изотермы варианта 3 с дистанционной рамкой из ПВХ

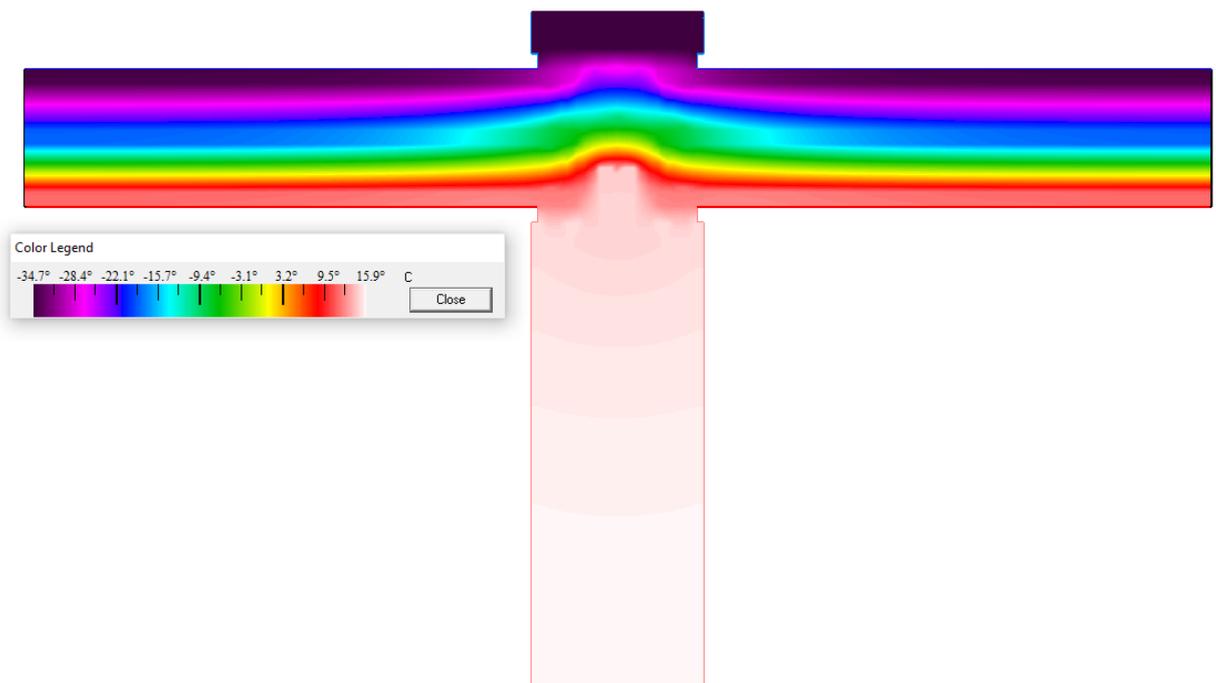


Рисунок 32 – Цветовые линии теплового потока варианта 3 с дистанционной рамкой из ПВХ

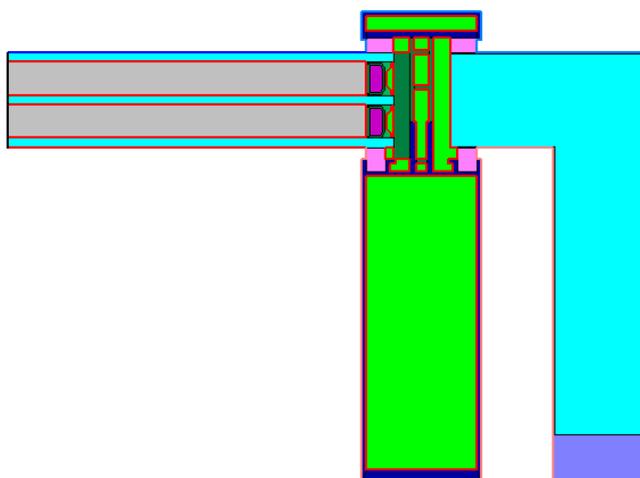
По результатам расчета на рисунках 28-32 наглядно видно улучшение теплотехнических показателей. Замена дистанционной рамки с алюминиевой на рамку из поливинилхлорида показала хороший результат. Температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого

профиля составляет $10,7^{\circ}\text{C}$ – для варианта 1; $11,1^{\circ}\text{C}$ – для варианта 2; $12,4^{\circ}\text{C}$ – для варианта 3.

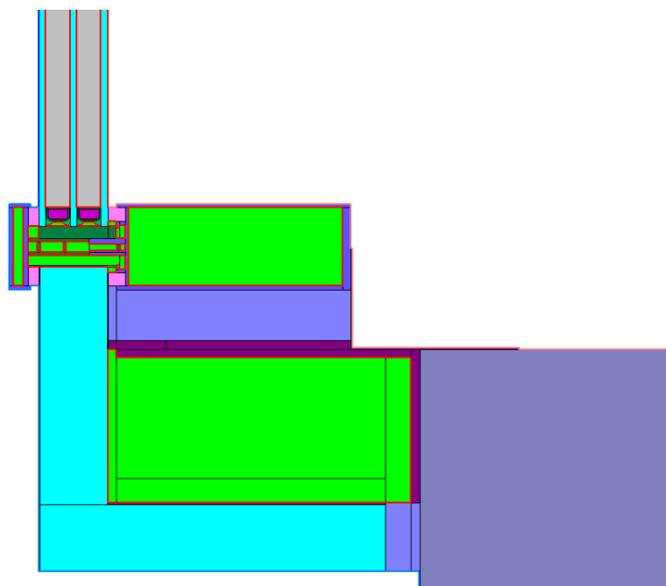
2.6 Узлы крепления витражной конструкции

Для целостности исследования дополнительно рассмотрим узлы крепления витражной конструкции к стенам и плитам перекрытия здания. Это нижний узел устройства конструкции и боковой узел крепления (рисунок 33).

а)



б)



а) – боковой узел крепления, б) – нижний узел крепления

Рисунок 33 – Узлы крепления витражной конструкции

Расчет бокового узла крепления для варианта 1 с заполнением СПД 4М1-14-4М1-14-4М1 представлен на рисунках 33-35.

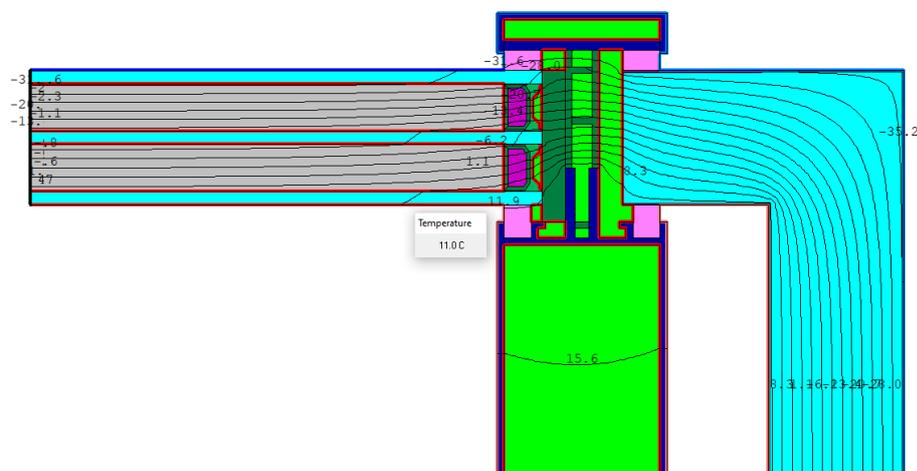


Рисунок 33 – Температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого профиля для варианта 1

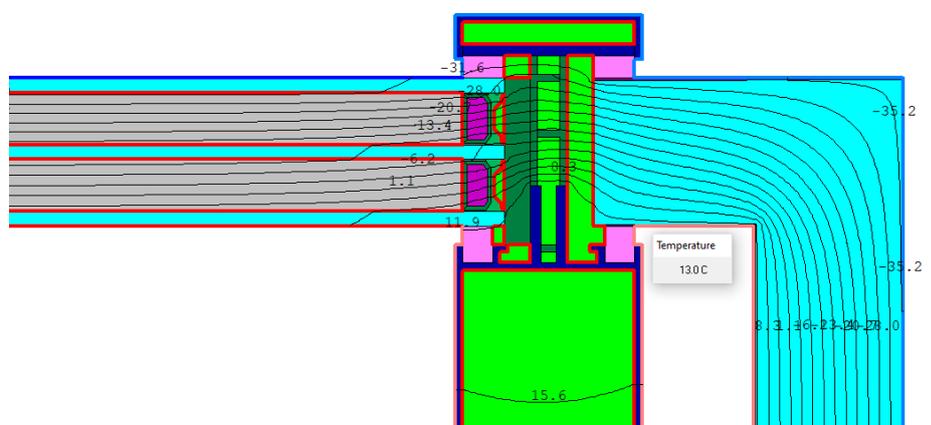


Рисунок 34 – Температура внутренней поверхности в месте примыкания сэндвича и алюминиевого профиля для варианта 1

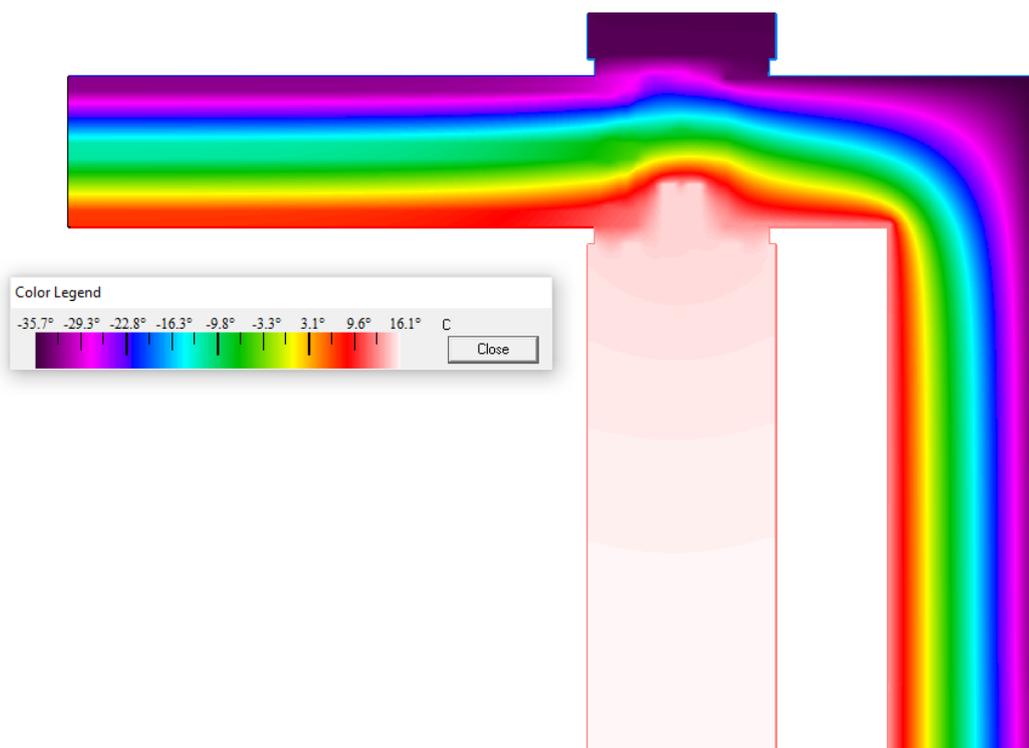


Рисунок 35 – Цветовые линии теплового потока бокового узла для варианта 1

Расчет бокового узла крепления для варианта 2 с заполнением СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4M1 представлен на рисунках 36-38.

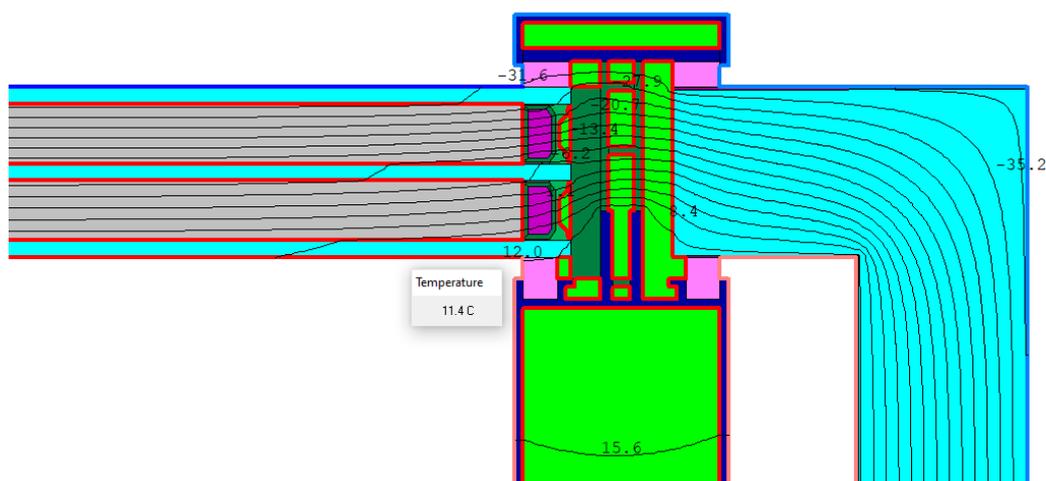


Рисунок 36 – Температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого профиля для варианта 2

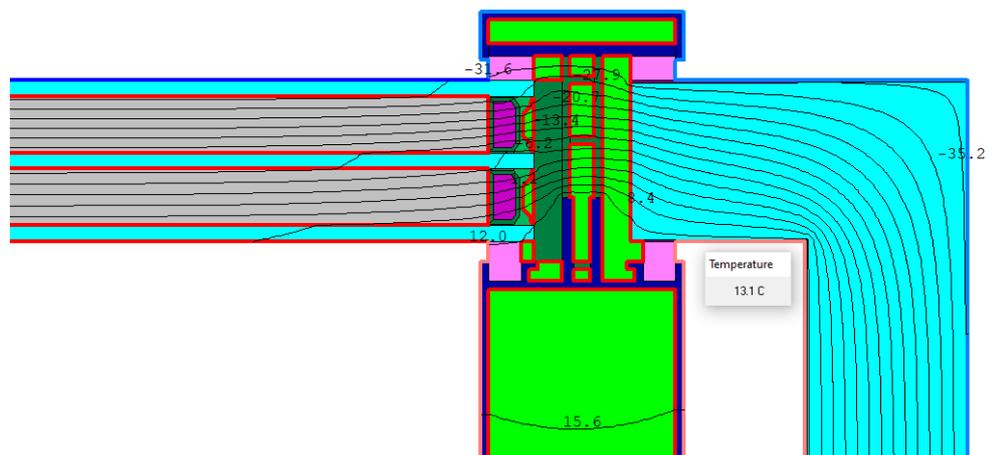


Рисунок 37 – Температура внутренней поверхности в месте примыкания сэндвича и алюминиевого профиля для варианта 2

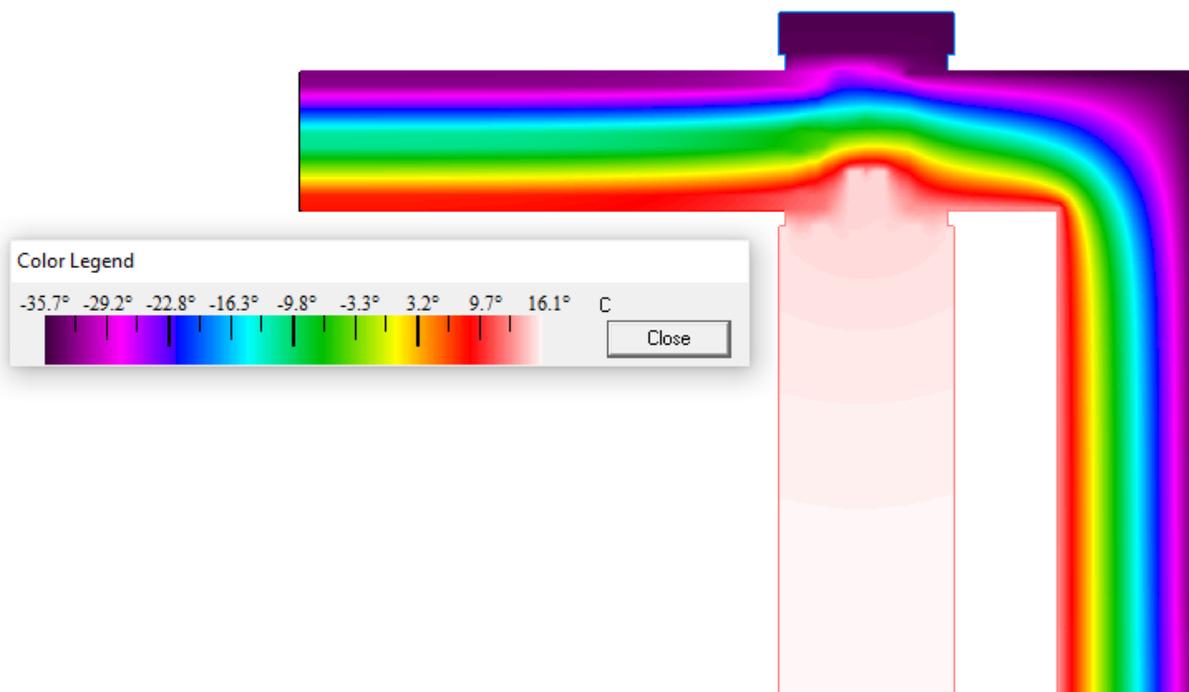


Рисунок 38 – Цветовые линии теплового потока бокового узла для варианта 2

Расчет бокового узла крепления для варианта 3 с заполнением СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4ТОП представлен на рисунках 39-41.

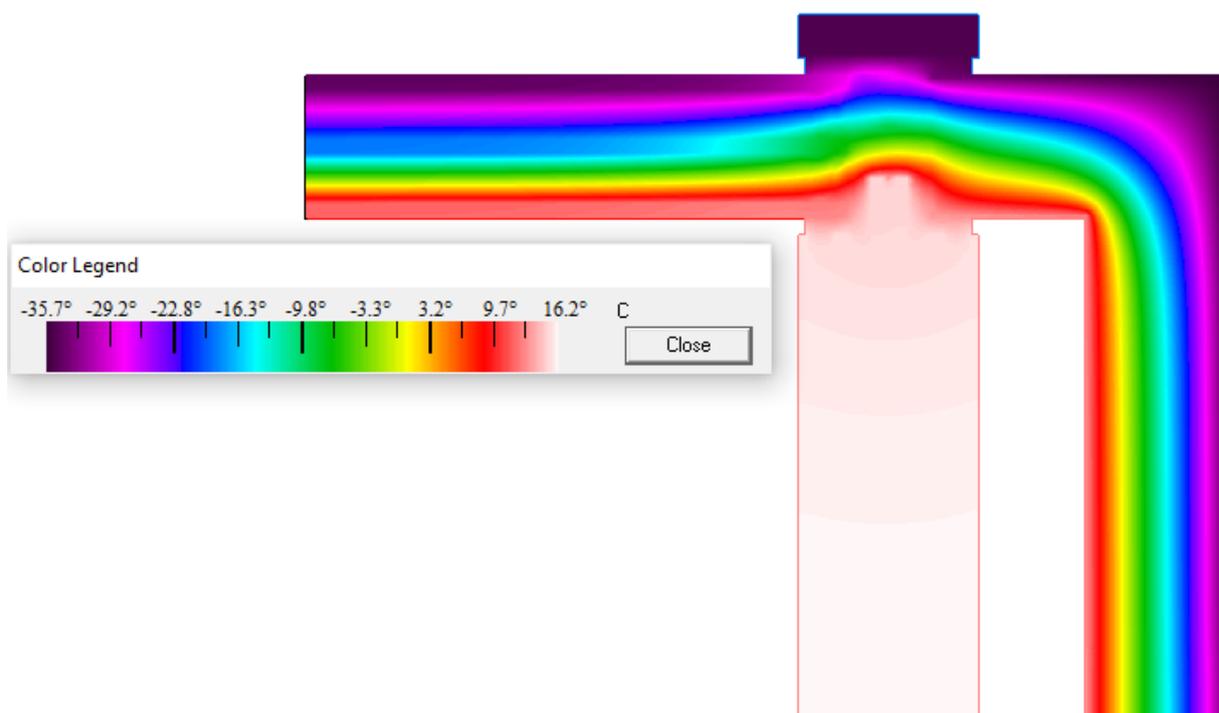


Рисунок 41 – Цветовые линии теплового потока бокового узла для варианта 3

После расчета бокового узла крепления результаты следующие.

Температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого профиля составляет:

- для варианта 1 – 11,0 °С;
- для варианта 2 – 11,4 °С;
- для варианта 3 – 12,7 °С;

В месте примыкания сэндвича:

- для варианта 1 – 13,0 °С;
- для варианта 2 – 13,1 °С;
- для варианта 3 – 13,1 °С.

Следовательно результаты удовлетворяют нормативным значениям для климатических условий данного региона. Также на рисунках 35, 38, 41 благодаря цветовому спектру температур видно, что температура на внутренней поверхности витража максимальна и составляет 16,1–16,2 °С.

Расчет нижнего узла крепления для варианта 1 представлен на рисунках 42-43.

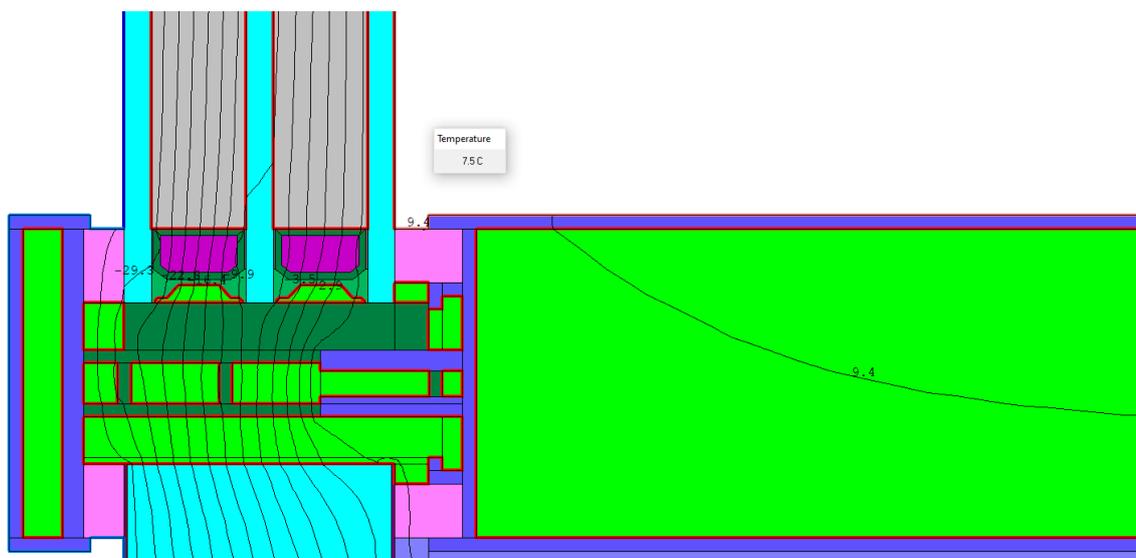


Рисунок 42 – Изотермы нижнего узла варианта 1

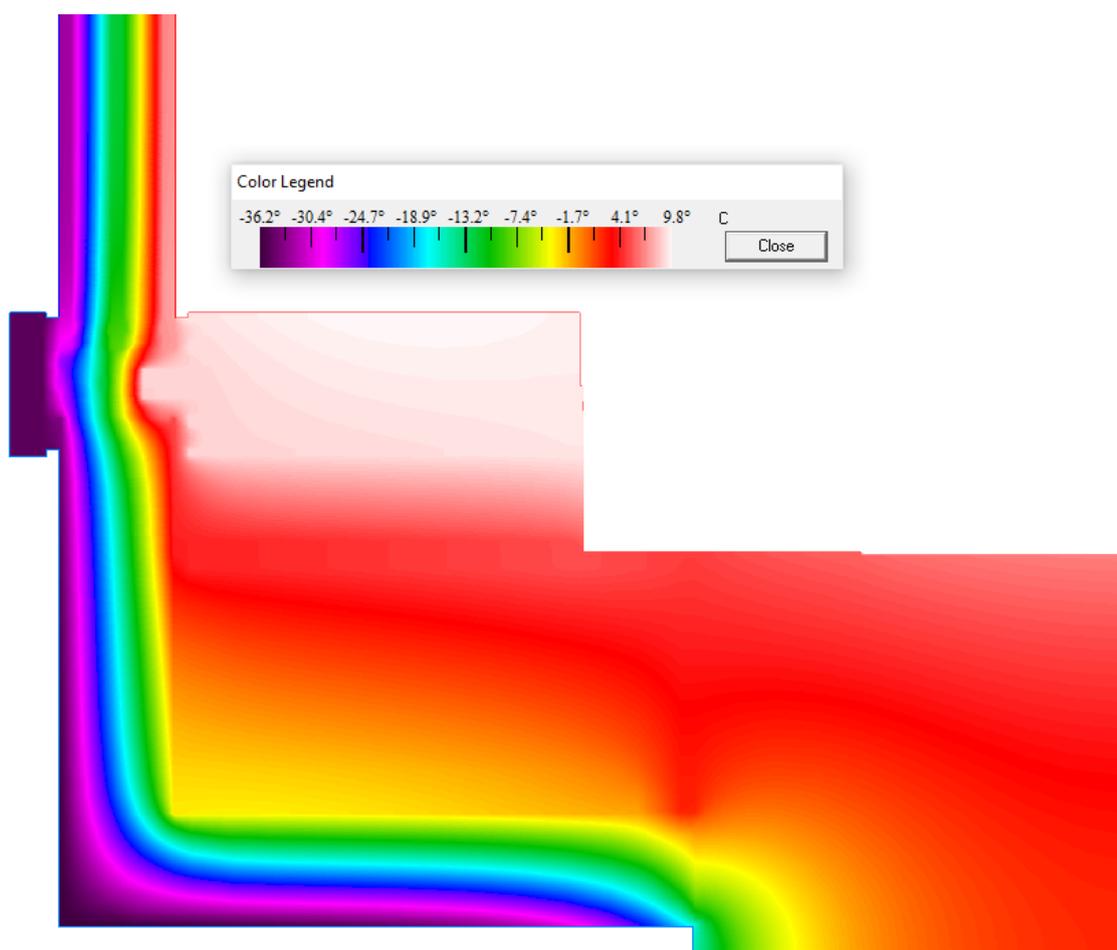


Рисунок 43 – Цветовые линии теплового потока нижнего узла варианта 1

Расчет нижнего узла крепления для варианта 2 представлен на рисунках 44-45.

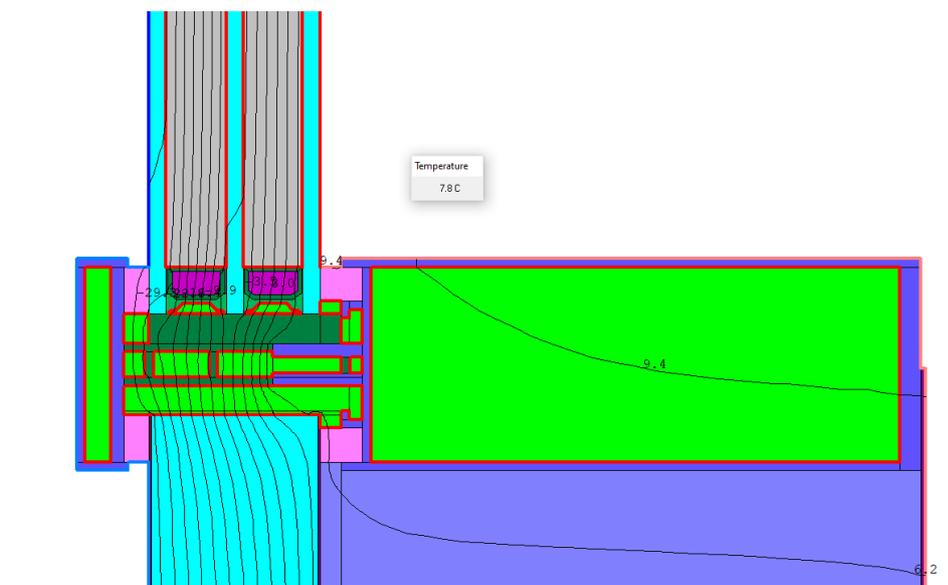


Рисунок 44 – Изотермы нижнего узла варианта 2

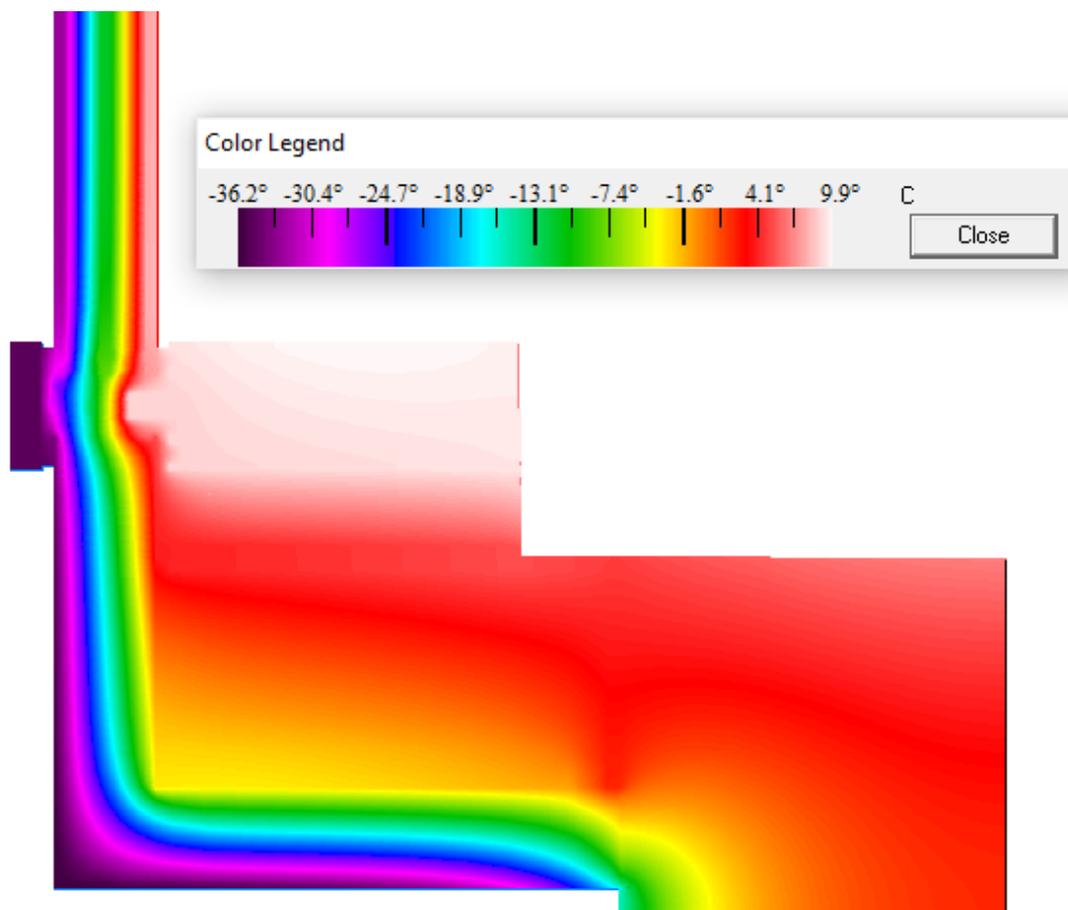


Рисунок 45 – Цветовые линии теплового потока нижнего узла варианта 2

Расчет нижнего узла крепления для варианта 3 представлен на рисунках 46-47.

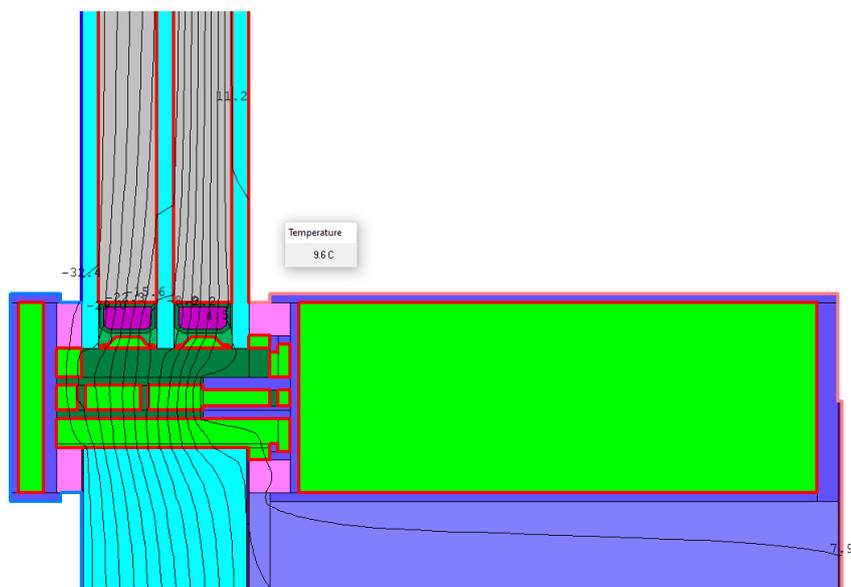


Рисунок 46 – Изотермы нижнего узла варианта 3

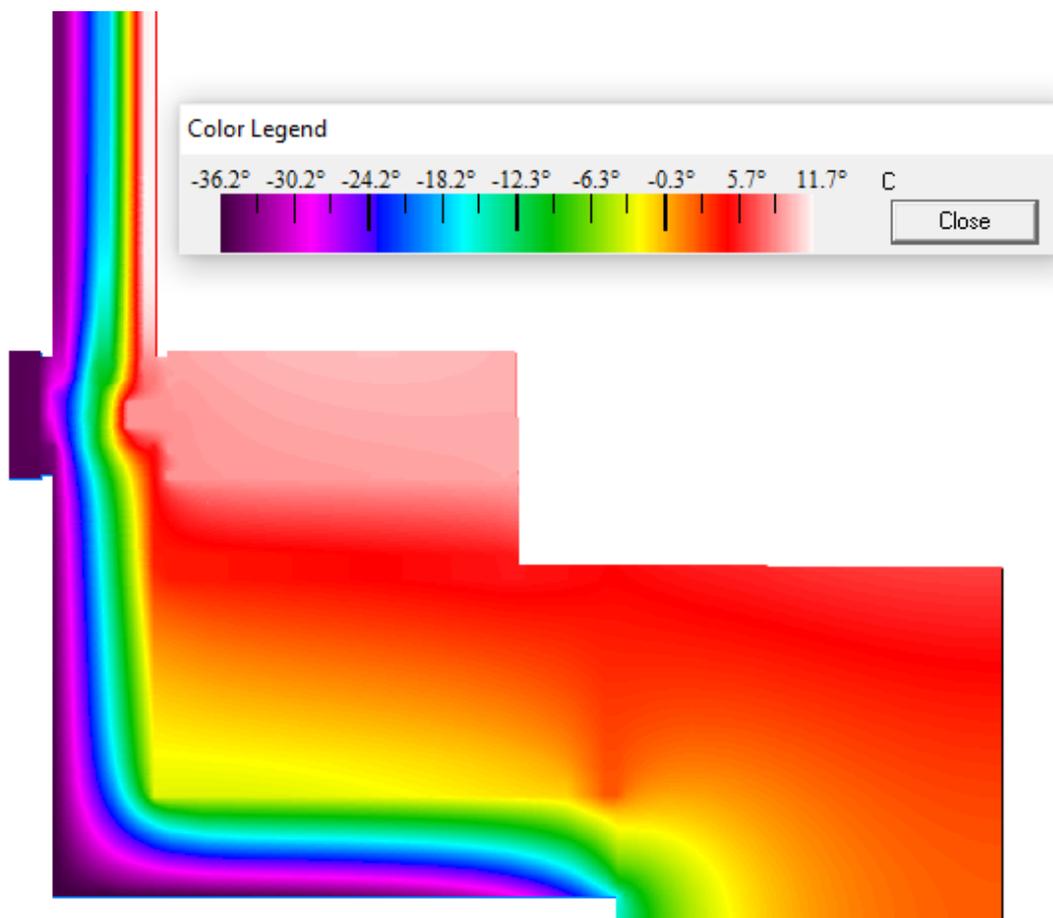


Рисунок 47 – Цветовые линии теплового потока нижнего узла варианта 3

В нижнем узле крепления температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого профиля составляет:

- для варианта 1 – 7,5 °С;
- для варианта 2 – 7,8 °С;
- для варианта 3 – 9,6 °С.

Первые два варианта не удовлетворяют нормативным значениям, где минимальное значение температуры точки росы – 8,3 °С.

На цветовой легенде температура на поверхности стеклопакета и алюминиевого профиля увеличивается с 9,8 °С до 11,7 °С. Это благоприятно сказывается на температуре внутри помещения.

2.7 Вывод по главе 2

Проанализировав представленные выше результаты, можно сделать вывод, что санитарно-гигиенические требования к тепловой защите здания согласно [6] выполняются у витражей с алюминиевым профилем КП50 и тремя видами стеклопакетов только с дистанционной рамкой из поливинилхлорида.

Все три конструкции удовлетворили нормативным значениям. Критерием оценки на данном этапе была температура внутренней поверхности в месте примыкания стеклопакета и алюминиевого профиля. Рассмотрев три узловых соединения: импост, боковое и нижнее, только у узлов нижнего крепления прошли не все конструкции, вариант 1 и вариант 2 имели температуру внутренней поверхности ниже нормативной, 7,5 °С и 7,8 °С соответственно, что меньше 8,3 °С.

Таким образом, если учитывать все факторы выборки, изложенные выше, то самой оптимальной остается витражная конструкция с заполнением 4М1-4Ar-4М1-4Ar-4ТОП при устройстве алюминиевых светопрозрачных конструкций (СПК) в строительстве г. Красноярска.

Для целостности исследования также необходимым условием является проверка поэлементных требований к тепловой защите здания. Данный расчет представлен в главе 3.

ГЛАВА 3 ПРОВЕРКА ПОЭЛЕМЕНТНЫХ ТРЕБОВАНИЙ К ТЕПЛОВОЙ ЗАЩИТЕ ЗДАНИЯ

3.1 Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче по каталогу СИАЛ

Получив численные значения предыдущих расчетов, определяем приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций с помощью методики, описанной в [23], которая является наиболее точной, нетрудоемкой и оптимальной.

Сопротивление теплопередаче светопрозрачной конструкции, R_o , ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт, вычисляют по формуле

$$R_o = \frac{S_o}{\sum \frac{S_{\text{св}}}{R_{\text{св}}} + \sum \frac{S_{\text{непр}}}{R_{\text{непр}}} + \sum l_{\psi} \cdot \psi}, \quad (1.4)$$

где S_o - площадь проекции светопрозрачной конструкции, м^2 ;

$S_{\text{св}}, S_{\text{непр}}$ - площади светопрозрачной и непрозрачной зон оконного ограждения соответственно, м^2 ;

$R_{\text{св}}, R_{\text{непр}}$ - сопротивления теплопередаче центральной части светопрозрачной и непрозрачной зон конструкции соответственно, ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}$)/Вт;

ψ - коэффициент линейной теплопередачи, который учитывает взаимодействие между рамой и остеклением, Вт/($\text{м} \cdot \text{°C}$);

l_{ψ} - длина периметра светопрозрачной зоны, м.

На рисунке 48 представлена расчетная схема для определения площадей остекления, переплетов и размеров краевых зон различного конструктивного решения.

Исходные данные:

Размер светопрозрачных участков – 1500 x 2000 (h) мм.

Размер всей конструкции – 3150 x 4150 (h) мм.

$R_{\text{непр}}$ для термовставки Т50-09 – 0,898 ($\text{м}^2 \cdot \text{°C}/\text{Вт}$).

Заполнение СПД 4М1-14-4М1-14-М1.

$R_{\text{св}}$ для заполнения – значения получены с помощью программы WINDOW 7.6;

ψ – 0,06 для двухкамерного стеклопакета с алюминиевой дистанционной рамкой 14 мм, для рамки ПВХ – 0,04 согласно [23, приложение А].

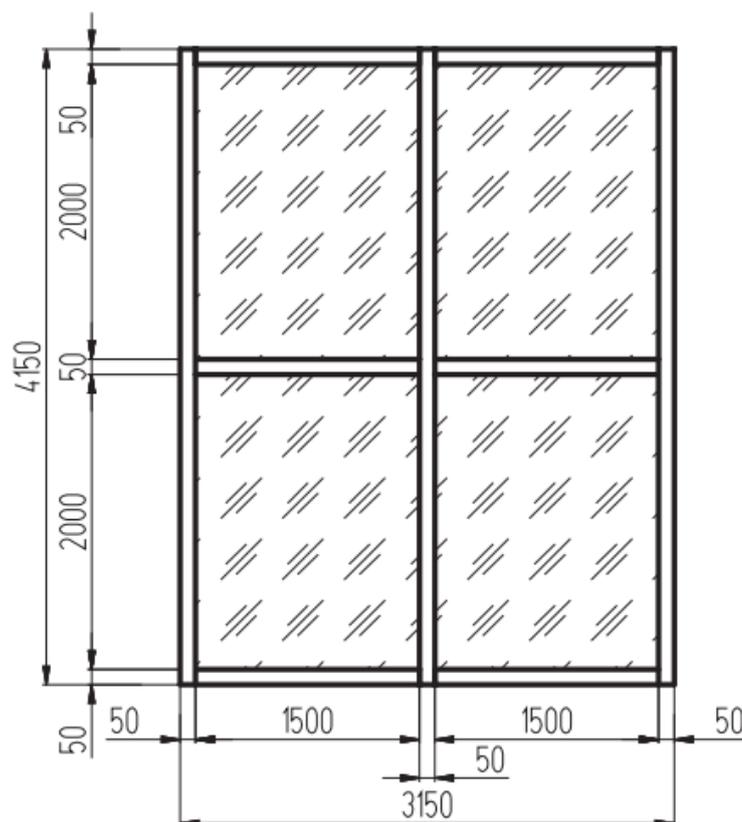


Рисунок 48 – Расчетная схема конструкции

Расчетные данные:

$$S_0 = 3,15 \cdot 4,15 = 13,07 \text{ м}^2$$

$$\psi = 0,06 \cdot 1,15 = 0,069$$

$$\psi = 0,04 \cdot 1,15 = 0,046$$

$$S_{\text{св}} = 1,5 \cdot 2 \cdot 4 = 12 \text{ м}^2$$

$$S_{\text{непр}} = 4,15 \cdot 0,05 \cdot 3 + 1,5 \cdot 0,05 \cdot 6 = 1,07 \text{ м}^2$$

$$l_{\psi} = (1,5 + 2) \cdot 8 = 28 \text{ м}$$

Расчет:

$$R_o = \frac{13,07}{\frac{12}{0,58} + \frac{1,07}{0,898} + 28 \cdot 0,07} = 0,549 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт.}$$

Аналогично выполним расчет для конструкций с стеклопакетами различной марки. В таблице 3 представлены результаты расчета.

Таблица 3 – Результаты расчета

$h, \text{ м}$	$b, \text{ м}$	$S_o, \text{ м}^2$	$S_{\text{непр}}, \text{ м}^2$	$R_{\text{непр}}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	$S_{\text{св}}, \text{ м}^2$	$R_{\text{св}}, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	$l_{\psi}, \text{ м}$	ψ	$R_o, \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$
Алюминиевый профиль КП50 с стеклопакетом 40 мм (СПД 4М1-14-4М1-14-4М1) дистанционная рамка алюминиевая									
4,15	3,15	13,07	1,07	0,898	12,0	0,58	28	0,069	0,549
Алюминиевый профиль КП50 с энергосберегающим стеклопакетом 40 мм с аргоном (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1) дистанционная рамка алюминиевая									
4,15	3,15	13,07	1,07	0,898	12,0	0,63	28	0,069	0,590
Алюминиевый профиль КП50 с энергосберегающим стеклопакетом 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) дистанционная рамка алюминиевая									
4,15	3,15	13,07	1,07	0,898	12,0	0,95	28	0,069	0,830
Алюминиевый профиль КП50 с стеклопакетом шириной 40 мм (СПД 4М1-14-4М1-14-4М1) дистанционная рамка из поливинилхлорида									
4,15	3,15	13,07	1,07	0,898	12,0	0,58	28	0,046	0,564
Алюминиевый профиль КП50 с энергосберегающим стеклопакетом 40 мм с аргоном (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1) дистанционная рамка из поливинилхлорида									
4,15	3,15	13,07	1,07	0,898	12,0	0,63	28	0,046	0,607
Алюминиевый профиль КП50 с энергосберегающим стеклопакетом 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) дистанционная рамка из поливинилхлорида									
4,15	3,15	13,07	1,07	0,898	12,0	0,95	28	0,046	0,865

Поэлементное требование к тепловой защите здания не выполняется у первых двух вариантов при использовании дистанционной рамки как алюминиевой, так и рамки из поливинилхлорида. Их приведенное сопротивление теплопередаче меньше нормируемого значения для светопрозрачных ограждающих конструкций, равное $0,73 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ [6]. Алюминиевые витражные конструкции с заполнением СПД 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4ТОП с двумя видами дистанционных рамок условию удовлетворяют.

3.2 Метод определения приведенного сопротивления теплопередаче по расчетам ПК THERM

Расчет удельных потерь теплоты, обусловленных элементами

Расчет температурных полей элементов витражной конструкции выполняется по программе THERM 7.6.

В качестве плоского элемента выступают стеклопакет в своей центральной однородной части. В качестве линейного элемента принимаются:

- импост стеклопакета;
- боковое примыкание (боковые и верхний контуры конструкции);
- нижнее примыкание.

Все температурные поля рассчитываются для температуры наружного воздуха – 37 °C и температуры внутреннего воздуха – 19 °C . Конструкции для расчета – три вида стеклопакета с дистанционной рамкой ПВХ.

Витражная конструкция площадью $13,07 \text{ м}^2$.

Плоский элемент 1 – стеклопакет $A_1 = 13,07 \text{ м}^2$, $a_1 = 1 \text{ м}^2 / \text{м}^2$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_{o1}^{np} = 0,58 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/ Вт}$ (рассчитано в программе WINDOW 7.6).

Плоский элемент 2 – стеклопакет $A_2 = 13,07 \text{ м}^2$, $a_2 = 1 \text{ м}^2 / \text{м}^2$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_{o2}^{np} = 0,63 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/ Вт}$ (рассчитано в программе WINDOW 7.6).

Плоский элемент 3 – стеклопакет $A_3 = 13,07 \text{ м}^2$, $a_3 = 1 \text{ м}^2 / \text{м}^2$, приведенное сопротивление теплопередаче $R_{03}^{\text{пр}} = 0,95 \text{ м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$ (рассчитано в программе WINDOW 7.6).

Линейные элементы имеют протяженность:

- L_1 импост = 7 м;
- L_2 боковое примыкание = 11,45 м;
- L_3 нижнее примыкание = 3,15 м.

Длина проекции линейной неоднородности, приходящаяся на 1 м^2 площади фрагмента:

- l_1 импост = $7/13,07 = 0,536 \text{ м} / \text{м}^2$;
- l_2 боковое примыкание = $11,45/13,07 = 0,876 \text{ м} / \text{м}^2$;
- l_3 нижнее примыкание = $3,15/13,07 = 0,241 \text{ м} / \text{м}^2$.

Удельные потери теплоты для плоского элемента определяются по формуле

$$U = 1 / R_0^{\text{усл}}, \quad (1.5)$$

где $R_0^{\text{усл}}$ – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, $\text{м}^2 \cdot \text{°C} / \text{Вт}$.

Площадь фрагмента витражной конструкции, вошедшая в расчетный участок:

- S_1 импост = $0,326 \text{ м}^2$;
- S_2 боковое примыкание = $0,188 \text{ м}^2$;
- S_3 нижнее примыкание = $0,188 \text{ м}^2$.

Потери теплоты через участок фрагмента по результатам расчета температурных полей составили:

1. Для конструкции с стеклопакетом СПД 4М1-14-4М1-14-4М1:

- Q_1^{L1} импост = 35,06 Вт/м;
- Q_1^{L2} боковое примыкание = 21,30 Вт/м;
- Q_1^{L3} нижнее примыкание = 27,56 Вт/м.

2. Для конструкции с стеклопакетом СПД 4М1-14Ar -4М1-14Ar-М1:

- Q_2^{L1} импост = 32,96 Вт/м;
- Q_2^{L2} боковое примыкание = 20,25 Вт/м;
- Q_2^{L3} нижнее примыкание = 26,56 Вт/м.

3. Для конструкции с стеклопакетом СПД 4М1-14Ar -4М1-14Ar -4ТОП:

- Q_3^{L1} импост = 25,16 Вт/м;
- Q_3^{L2} боковое примыкание = 16,35 Вт/м;
- Q_3^{L3} нижнее примыкание = 22,68 Вт/м.

Потери теплоты через однородный участок той же площади:

$$Q_1 = \frac{t_B - t_H}{R_o^{np} \cdot a_i} \cdot S, \quad (1.6)$$

где t_B – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

t_H – расчетная температура наружного воздуха, °С;

R_o^{np} – приведенное сопротивление теплопередаче, м²·°С/Вт;

a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м²/м²;

S – площадь фрагмента конструкции, вошедшая в расчетный участок, м².

Дополнительные потери теплоты через линейный элемент:

$$\Delta Q^L = Q^L - Q_1, \quad (1.7)$$

где Q^L – потери теплоты через участок фрагмента по результатам расчета температурных полей из THERM;

Q_1 – потери теплоты через однородный участок той же площади.

Удельные линейные потери теплоты через линейный элемент:

$$\psi = \frac{\Delta Q^L}{t_B - t_H}, \quad (1.8)$$

где ΔQ^L – дополнительные потери теплоты через линейный элемент, Вт/м;

t_B – расчетная температура внутреннего воздуха, °С;

t_H – расчетная температура наружного воздуха, °С.

Приведенное сопротивление теплопередаче витражной конструкции определяется по формуле:

$$R_0^{пр} = \frac{1}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j}, \quad (1.9)$$

где l_j – протяженность линейной неоднородности j-го вида, приходящаяся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции, м/м²;

Ψ_j – удельные потери теплоты через линейную неоднородность j-го вида, Вт/(м·°С).

Расчет выполнен для витражных конструкций с заполнением стеклопакетом с дистанционной рамкой из поливинилхлорида, поскольку предыдущий расчет из ПК THERM показал, что алюминиевая дистанционная рамка ни в одном из видов заполнения не удовлетворила нормативным значениям [6]. Данные исследования представлены в таблицах 4, 5.

Таблица 4 – Температурные поля элементов

Элемент фрагмента	Потери теплоты через однородный участок стены	Потери теплоты через неоднородный участок	Удельные потери теплоты	Удельный геометрический показатель
Плоский элемент 1	$Q_1 = 96,55$ Вт/м	-	$U_1 = 1,719$ Вт/(м ² ·°С)	$a_1 = 1$ м ² /м ²
Плоский элемент 2	$Q_2 = 88,89$ Вт/м	-	$U_2 = 1,589$ Вт/(м ² ·°С)	$a_2 = 1$ м ² /м ²
Плоский элемент 3	$Q_3 = 58,95$ Вт/м	-	$U_3 = 1,058$ Вт/(м ² ·°С)	$a_3 = 1$ м ² /м ²

Окончание таблицы 4

Витраж с стеклопакетом 4М1-14-4М1-14-4М1				
Линейный элемент 1	$Q_1^{11} = 31,48$ Вт/м	$Q_1^{L1} = 35,06$ Вт/м	$\Psi_{1,1} = 0,0639$ Вт/(м·°С)	$l_1 = 0,536$ м/м ²
Линейный элемент 2	$Q_1^{12} = 18,15$ Вт/м	$Q_1^{L2} = 21,30$ Вт/м	$\Psi_{1,2} = 0,0563$ Вт/(м·°С)	$l_2 = 0,876$ м/м ²
Линейный элемент 3	$Q_1^{13} = 18,15$ Вт/м	$Q_1^{L3} = 27,56$ Вт/м	$\Psi_{1,3} = 0,1680$ Вт/(м·°С)	$l_3 = 0,241$ м/м ²
Витраж с стеклопакетом 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1				
Линейный элемент 1	$Q_2^{11} = 28,98$ Вт/м	$Q_2^{L1} = 32,96$ Вт/м	$\Psi_{2,1} = 0,0711$ Вт/(м·°С)	$l_1 = 0,536$ м/м ²
Линейный элемент 2	$Q_2^{12} = 16,71$ Вт/м	$Q_2^{L2} = 20,25$ Вт/м	$\Psi_{2,2} = 0,0632$ Вт/(м·°С)	$l_2 = 0,876$ м/м ²
Линейный элемент 3	$Q_2^{13} = 16,71$ Вт/м	$Q_2^{L3} = 26,56$ Вт/м	$\Psi_{2,3} = 0,1759$ Вт/(м·°С)	$l_3 = 0,241$ м/м ²
Витраж с стеклопакетом 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП				
Линейный элемент 1	$Q_3^{11} = 19,22$ Вт/м	$Q_3^{L1} = 25,16$ Вт/м	$\Psi_{3,1} = 0,1061$ Вт/(м·°С)	$l_1 = 0,536$ м/м ²
Линейный элемент 2	$Q_3^{12} = 11,08$ Вт/м	$Q_3^{L2} = 16,35$ Вт/м	$\Psi_{3,2} = 0,0941$ Вт/(м·°С)	$l_2 = 0,876$ м/м ²
Линейный элемент 3	$Q_3^{13} = 11,08$ Вт/м	$Q_3^{L3} = 22,68$ Вт/м	$\Psi_{3,3} = 0,2071$ Вт/(м·°С)	$l_3 = 0,241$ м/м ²

Таблица 5 – Расчет приведенного сопротивления теплопередаче

Элемент конструкции	Удельный геометрический показатель	Удельные потери теплоты	Удельный поток теплоты, обусловленный элементом	Доля общего потока теплоты через фрагмент, %
Витраж с стеклопакетом 4М1-14-4М1-14-4М1				
Плоский элемент 1	$a_1 = 1$ м/м ²	$U_1 = 1,719$ Вт/(м ² ·°С)	$U_1 a_1 = 1,719$ Вт/(м ² ·°С)	93,32
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,536$ м/м ²	$\Psi_{1,1} = 0,0639$ Вт/(м·°С)	$\Psi_{1,1} l_1 = 0,034$ Вт/(м ² ·°С)	1,85
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,876$ м/м ²	$\Psi_{1,2} = 0,0563$ Вт/(м·°С)	$\Psi_{1,2} l_2 = 0,049$ Вт/(м ² ·°С)	2,66
Линейный элемент 3	$l_3 = 0,241$ м/м ²	$\Psi_{1,3} = 0,1680$ Вт/(м·°С)	$\Psi_{1,3} l_3 = 0,040$ Вт/(м ² ·°С)	2,17
Итого			$1/R_{01}^{np} = 1,842$ Вт/(м ² ·°С)	100%
			$R_{01}^{np} = 0,543$ (м ² ·°С)/Вт	
Витраж с стеклопакетом 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1				
Плоский элемент 2	$a_2 = 1$ м/м ²	$U_2 = 1,589$ Вт/(м ² ·°С)	$U_2 a_2 = 1,589$ Вт/(м ² ·°С)	92,17

Окончание таблицы 5

Линейный элемент 1	$l_1 = 0,536 \text{ м/м}^2$	$\Psi_{2,1} = 0,0711 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\Psi_{2,1}l_1 = 0,038 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	2,20
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,876 \text{ м/м}^2$	$\Psi_{2,2} = 0,0632 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\Psi_{2,2}l_2 = 0,055 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	3,19
Линейный элемент 3	$l_3 = 0,241 \text{ м/м}^2$	$\Psi_{2,3} = 0,1759 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\Psi_{2,3}l_3 = 0,042 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	2,44
Итого			$1/R_{o2}^{pp} = 1,724 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	100%
			$R_{o2}^{pp} = 0,580 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	
Витраж с стеклопакетом 4M1-14Ar-4M1-14Ar-4ТОП				
Плоский элемент 3	$a_2 = 1 \text{ м/м}^2$	$U_3 = 1,058 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	$U_3a_3 = 1,058 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	84,84
Линейный элемент 1	$l_1 = 0,536 \text{ м/м}^2$	$\Psi_{3,1} = 0,1061 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\Psi_{3,1}l_1 = 0,057 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	4,57
Линейный элемент 2	$l_2 = 0,876 \text{ м/м}^2$	$\Psi_{3,2} = 0,0941 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\Psi_{3,2}l_2 = 0,082 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	6,58
Линейный элемент 3	$l_3 = 0,241 \text{ м/м}^2$	$\Psi_{3,3} = 0,2071 \text{ Вт/(м} \cdot \text{°C)}$	$\Psi_{3,3}l_3 = 0,050 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	4,01
Итого			$1/R_{o2}^{pp} = 1,247 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C)}$	100%
			$R_{o3}^{pp} = 0,802 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$	

Выполнив численные расчеты с помощью программы THERM, можно сделать вывод, что среди витражных конструкций с различным видом заполнения удовлетворяет нормативным значениям только витражная конструкция с стеклопакетом 4M1-14Ar -4M1-14Ar-4ТОП.

Согласно действующему нормативу [6] приведенное сопротивление теплопередаче светопрозрачных ограждающих конструкций равно $0,73 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$.

Таким образом, у нашей конструкции оно составило $0,802 \text{ м}^2 \cdot \text{°C/Вт}$, что в 1,1 раз больше нормативного значения.

3.3 Вывод по главе 3

Проведенные выше численные расчеты показали разницу результатов между итоговыми значениями приведенного сопротивления теплопередаче. Согласно каталогу алюминиевых конструкций СИАЛ, нормативным требованиям удовлетворили два вида конструкции: алюминиевый профиль КП50 с стеклопакетом шириной 40 мм (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) с дистанционной рамкой из поливинилхлорида и также с рамкой из алюминия. Расчет совместно с программой THERM показал, что та же конструкция проходит только с дистанционной рамкой из поливинилхлорида. Значения данных исследований отличны друг от друга. Если по расчету из каталога у нашей конструкции с рамкой ПВХ приведенное сопротивление теплопередаче – $0,865 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$, то из расчета в THERM оно составило $0,802 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$. А это в 1,08 раз (7,28%) меньше значения согласно расчету по каталогу.

Таким образом, для экономической оценки витражной конструкции будут рассмотрены 2 вида светопрозрачного заполнения – это стеклопакет с аргоном (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-M1) с дистанционной рамкой из поливинилхлорида и стеклопакет с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) с дистанционной рамкой из поливинилхлорида. Несмотря на то, что конструкция 1 не удовлетворила нормативу [6], которая при этом распространена в массовом строительстве при устройстве алюминиевых СПК по г. Красноярску, для целесообразности исследования необходимо убедиться насколько мала или велика переплата по стоимости конструкции и затрат на отопление в сравнение с вариантом 2, который после многочисленных расчетов прошел проверку по действующему нормативу.

Последующие расчеты представлены в главе 4.

ГЛАВА 4 ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ВИТРАЖНОЙ КОНСТРУКЦИИ

4.1 Характеристика объекта исследования

В качестве объекта исследования был выбран Жилой комплекс «Пушкин», расположенный по адресу ул. Пушкина, строение 13 (рисунок 49).

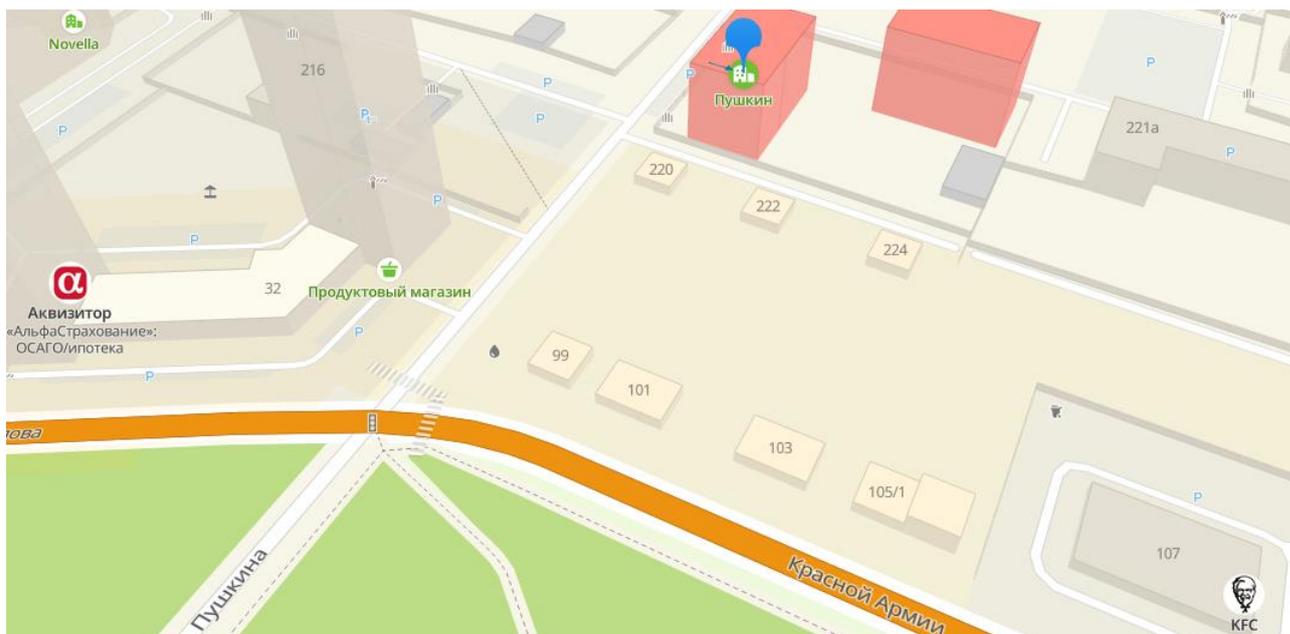


Рисунок 49 – Расположение жилого комплекса

В данном здании рассмотрим офисную часть второго этажа (рисунок 50).

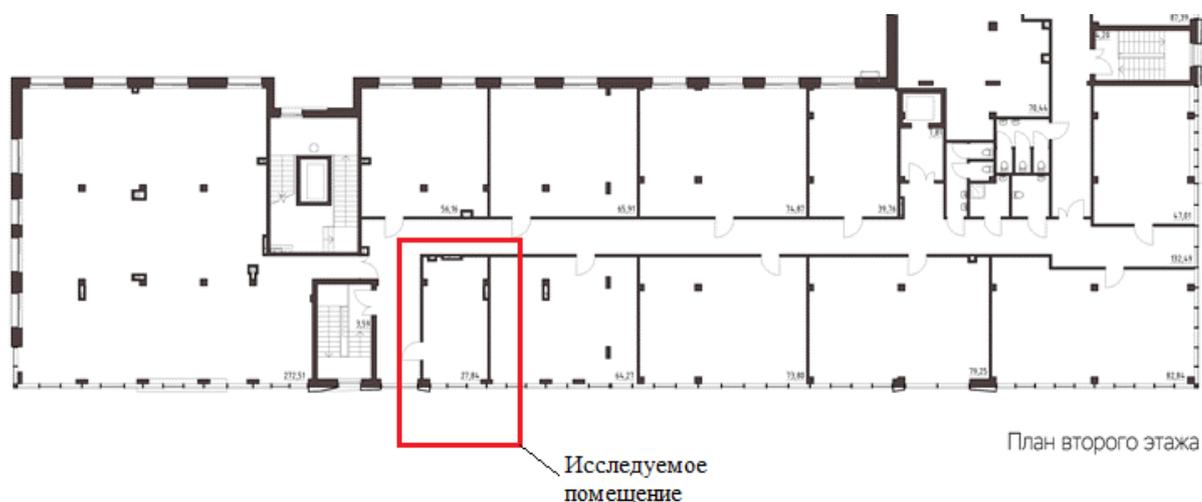


Рисунок 50 – Офисная часть 2 этажа

В расчет принято помещение, остекленное витражной конструкцией из глухих секций. Площадь данного офиса составляет 27,84 м². Объем – 83,52 м³.

Для оценки влияния стеклопакета в витражной конструкции на расход тепловой энергии на отопление изменяемым фактором будет модификация стеклопакета.

4.2 Расход тепловой энергии помещения на отопление и вентиляцию за отопительный период

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт·ч/год, определяется по формуле [6]

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot q_{от}^p, \quad (1.10)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, смотри формулу (1.3);

$V_{от}$ – отопительный объем здания/ помещения;

$q_{от}^p$ – расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания.

Общие теплопотери за отопительный период $Q_{от}^{год}$, кВт · ч/год, определяются по формуле [6]

$$Q_{от}^{год} = 0,024 \cdot ГСОП \cdot V_{от} \cdot (k_{об} + k_{вент}), \quad (1.11)$$

где ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, смотри формулу (1.3);

$V_{от}$ – отопительный объем здания/ помещения;

$k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания;

$k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания.

Удельная теплозащитная характеристика рассчитывается по формуле

$$k_{об} = 1/ V_{от} \cdot \Sigma(n_{t,i} \cdot A_{ф,i}/R_{o,i}^{пр}), \quad (1.12)$$

где $R_{o,i}^{пр}$ – приведенное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания;

$A_{\phi,i}$ – площадь соответствующего фрагмента теплозащитной оболочки здания;

$V_{от}$ – отапливаемый объем здания/ помещения;

$n_{t,i}$ – коэффициент, учитывающий отличие внутренней или наружной температуры у конструкции от принятых в расчете ГСОП.

Нормируемое значение удельной теплозащитной характеристики здания определяется по формуле [6]

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{V_{от}}}}{0,00013 \cdot ГСОП + 0,61}, \quad (1.13)$$

где $V_{от}$ – отапливаемый объем здания/ помещения;

ГСОП – градусо-сутки отопительного периода, смотри формулу (1.3).

$$ГСОП = (19 - (-6,6)) \cdot 234 = 5990,4 \text{ } ^\circ\text{C} \cdot \text{сут/год.}$$

Детали расчета сведены в таблицу 6.

Таблица 6 – Результаты расчета

Наименование фрагмента	$n_{t,i}$	$A_{\phi,i}, \text{ м}^2$	$R_{o,i}^{пр}$ $\text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$n_{t,i} \cdot A_{\phi,i} / R_{o,i}^{пр}$ $\text{ Вт}/^\circ\text{C}$
Стеновое ограждение	1	66,30	2,30	28,83
Витраж с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1 с рамкой из поливинилхлорида	0,928	13,07	0,580	20,91
Витраж с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4ТОП с рамкой из поливинилхлорида	0,928	13,07	0,802	15,12
Сумма		92,44		64,86

Найдем значения для варианта 1 – Витраж с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1 с рамкой из поливинилхлорида (ПВХ).

$$k_{об} = 1 / 83,52 \cdot (28,83 + 20,91) = 0,596 \text{ Вт}/(\text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}).$$

$$k_{об}^{тр} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{83,52}}}{0,00013 \cdot 5990,4 + 0,61} = \frac{1,254}{1,389} = 0,903 \text{ Вт}/(\text{ м}^3 \cdot ^\circ\text{C}).$$

Удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, следовательно, конструкция удовлетворяет нормативным требованиям.

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 0,024 \cdot 5990,4 \cdot 83,52 \cdot (0,596 + 0,1) = 8357,32 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)/год.}$$

Для варианта 2 – Витраж с СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП с рамкой из поливинилхлорида.

$$k_{\text{об}} = 1 / 83,52 \cdot (28,83 + 15,12) = 0,526 \text{ Вт/(м}^2 \cdot \text{°C).}$$

$$k_{\text{об}}^{\text{тр}} = \frac{0,16 + \frac{10}{\sqrt{83,52}}}{0,00013 \cdot 5990,4 + 0,61} = \frac{1,254}{1,389} = 0,903 \text{ Вт/(м}^3 \cdot \text{°C).}$$

Удельная теплозащитная характеристика меньше нормируемой величины, следовательно, конструкция удовлетворяет нормативным требованиям.

$$Q_{\text{от}}^{\text{год}} = 0,024 \cdot 5990,4 \cdot 83,52 \cdot (0,526 + 0,1) = 7516,78 \text{ (кВт} \cdot \text{ч)/год.}$$

Далее рассчитаем затраты на отопление в год, руб, которые определяются по формуле

$$З = Q \cdot T_{\text{т.э.}}, \quad (1.14)$$

где Q – расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за отопительный период, определяется по формуле (1.11);

$T_{\text{т.э.}}$ – тариф на тепловую энергию.

Данный расчет мы рассматриваем для г. Красноярск. Тариф на тепловую энергию для потребителей ООО «КрасТЭК» на 1 июля 2022 года = 1836,7 руб. [21]. Температура воздуха наиболее холодной пятидневки с обеспеченностью 0,92 – (-37 °C), продолжительность отопительного периода – 234 суток [4].

$$1 \text{ кВт} \cdot \text{ч} = 0,000860 \text{ Гкал}$$

Расход денежных средств на отопление и вентиляцию помещения за отопительный период в год составляет:

$$Z_1 = 7,19 \cdot 1836,7 = 13\,205,87 \text{ рублей.}$$

$$Z_2 = 6,46 \cdot 1836,7 = 11\,865,08 \text{ рублей.}$$

Разница по расходу денежных средств на отопление и вентиляцию нашего помещения для двух вариантов составила 1340,79 рублей.

1 вариант витражной конструкции в 1,11 раз требует больше затрат на отопление в отличие от второго.

4.3 Сравнение применяемых конструкций

Сравнение 2-х алюминиевых конструкций для климатических условий г. Красноярска представлено в последующих пунктах.

Вариант 1 – Алюминиевый профиль КП50 с заполнением энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и с дистанционной рамкой из поливинилхлорида (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1);

Вариант 2 – Алюминиевый профиль КП50 с заполнением энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием, и с дистанционной рамкой из поливинилхлорида (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП).

4.3.1 Стоимость витражной конструкции

В таблице 7 представлена стоимость готовой витражной конструкции в зависимости от модификации стеклопакета согласно локальному сметному расчету, представленному в приложении А. На рисунках 51-52 представлена гистограмма стоимости.

Таблица 7 – Стоимость витражной конструкции

Профиль	Стоимость, руб.	
	1 м ²	всего
Витраж с СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1 с дистанционной рамкой из поливинилхлорида	10 353,19	135 316,16
Витраж с СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП с дистанционной рамкой из поливинилхлорида	11 470,33	149 917,25

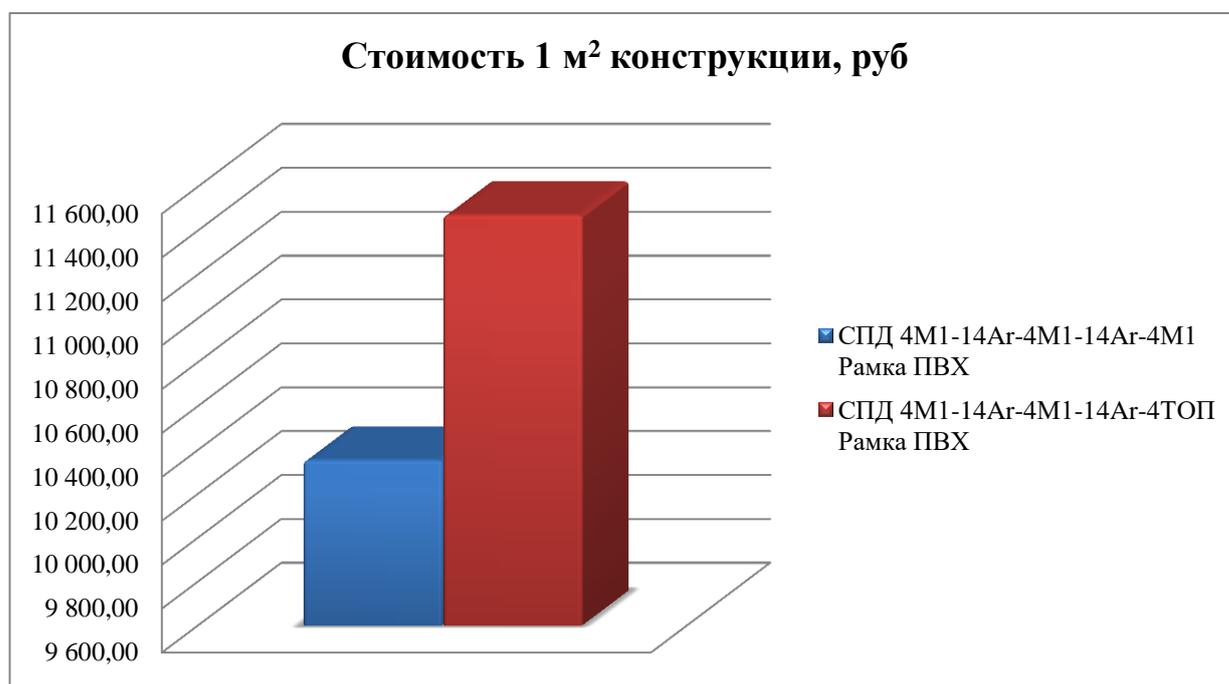


Рисунок 51 – Гистограмма стоимости 1 м² витражной конструкции в зависимости от модификации стеклопакета

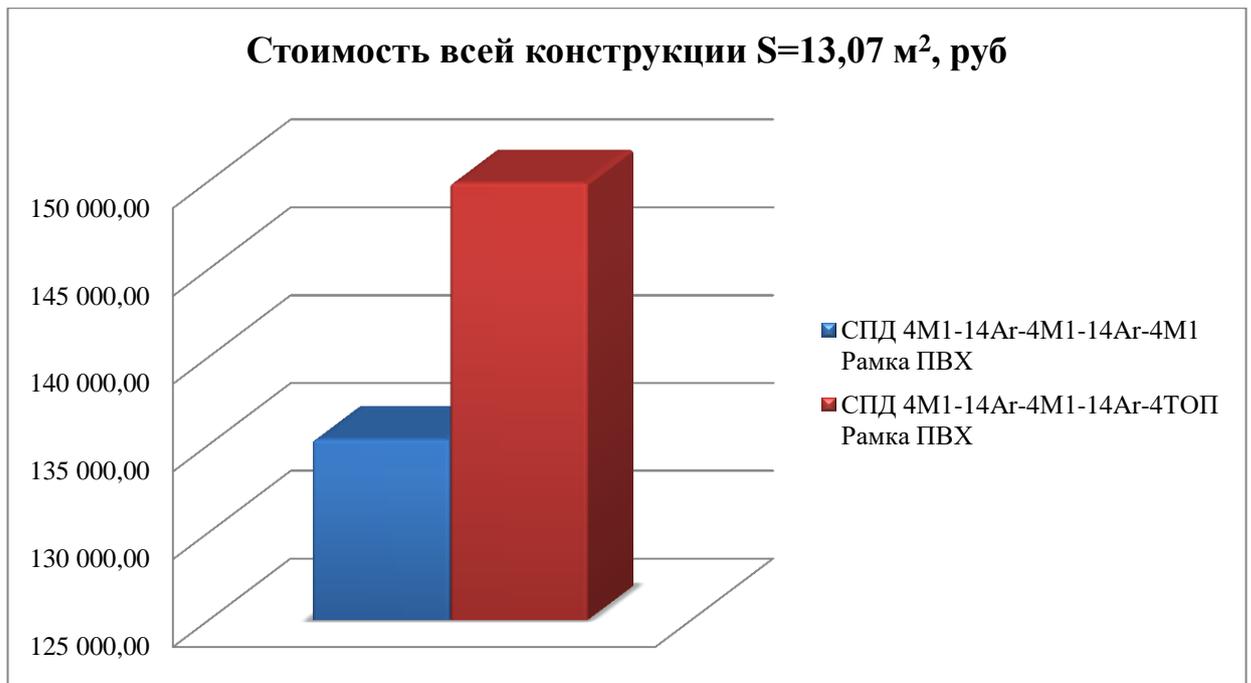


Рисунок 52 – Гистограмма стоимости всей витражной конструкции в зависимости от модификации стеклопакета

По данным таблицы и гистограммы видно, что стоимость 1 м² витражной конструкции с алюминиевым профилем КП50 и с энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4ТОП) с дистанционной рамкой из ПВХ больше, чем с энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном (СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1) на 1117,14 рублей (1,1%). В свою очередь, стоимость всей конструкции, площадью 13,07 м², у первого варианта меньше по стоимости второго на 14 601,09 рублей (1,1%).

4.3.2 Расход тепловой энергии на отопление здания за год эксплуатации

В таблице 8 представлен расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения за год эксплуатации в зависимости от модификации стеклопакета.

Таблица 8 – Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за год эксплуатации при применении различных видов стеклопакета

Профиль	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения за год эксплуатации при применении стеклопакетов различной модификации $Q_{от}$, кВт · ч	Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения за год эксплуатации при применении стеклопакетов различной модификации $Q_{от}$, Гкал
Витраж с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1 с рамкой из поливинилхлорида	8 357,32	7,19
Витраж с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4ТОП с рамкой из поливинилхлорида	7 516,78	6,46

На рисунках 53-54 представлена гистограмма расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию помещения за год эксплуатации при применении различных видов стеклопакета.

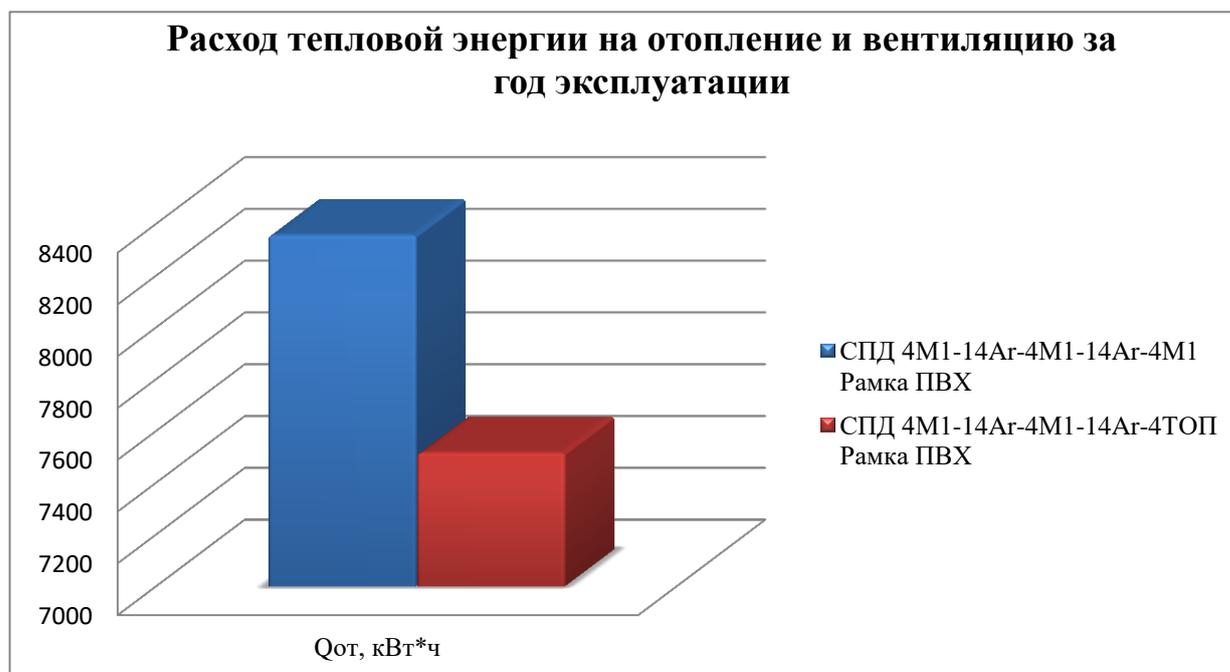


Рисунок 53 – Гистограмма расхода тепловой энергии $Q_{от}$, кВт · ч

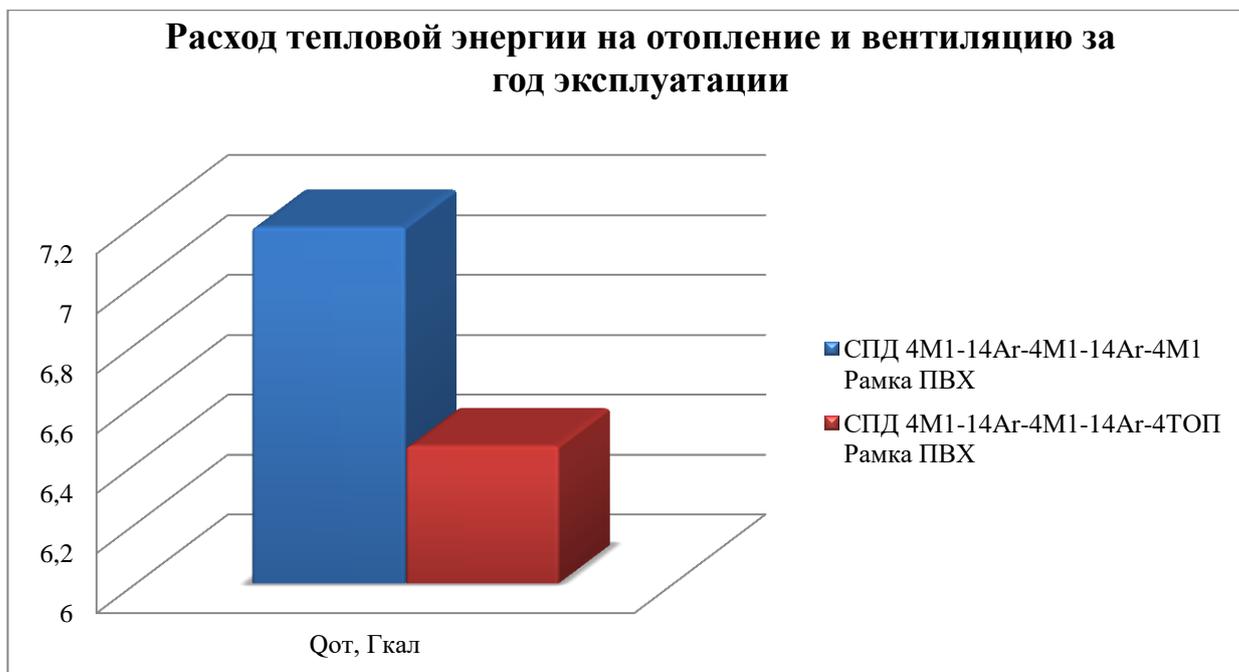


Рисунок 54 – Гистограмма расхода тепловой энергии $Q_{от}$, Гкал

Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания за год эксплуатации у витража с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1 с дистанционной рамкой из ПВХ больше, чем у витража с СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4ТОП на 840,54 кВт · ч (1,11 %) или на 0,73 Гкал (1,11 %).

4.3.3 Денежные затраты на тепловую энергию за год эксплуатации

В таблице 9 представлены денежные затраты на тепловую энергию за год эксплуатации при применении стеклопакетов различной модификации. На рисунке 55 представлена гистограмма затрат на тепловую энергию за год эксплуатации при применении стеклопакетов различной модификации.

Таблица 9 – Денежные затраты на отопление за год эксплуатации

Показатель	г. Красноярск	
	Вариант 1	Вариант 2
Затраты на Тепловую энергию за год эксплуатации при применении стеклопакетов различной модификации, руб.	13 205,87	11 865,08

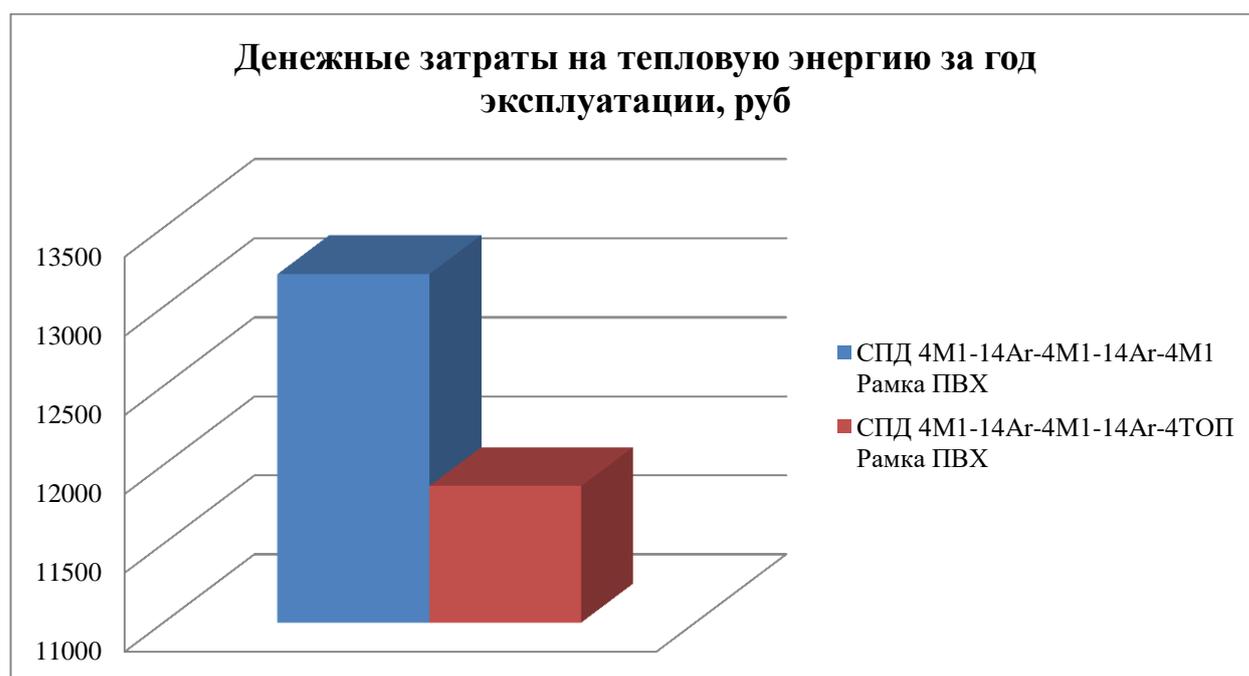


Рисунок 55 – Денежные затраты на тепловую энергию за год эксплуатации

Денежные затраты на тепловую энергию за год эксплуатации при применении СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1 с рамкой из поливинилхлорида больше, чем при СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4ТОП на 1340,79 рублей (1,11 %).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Согласно статистическим данным наибольшие теплопотери в зданиях происходят через ограждающие конструкции, такие как окна, витражные конструкции и стены. Уменьшение потерь тепла через светопрозрачные ограждающие конструкции, является важной задачей в повышении энергоэффективности зданий.

С каждым днем совершенствуются конструктивные решения светопрозрачных конструкций. Начиная с появления ПВХ-профиля и его заменой на алюминиевый.

Изучив отечественный и зарубежный опыт применения алюминиевых светопрозрачных конструкций можно судить о том, что наличие термовставки в профильной системе защищает от появления мостиков холода. Поэтому правильно подобранная термовставка и соответствующее ей стеклянное заполнение, позволяют снизить теплопотери.

В свою очередь, грамотное крепление витражной конструкции также значительно повысит сопротивление теплопередаче и улучшит теплотехнические характеристики.

Научные разработки и исследования в области повышения энергоэффективности светопрозрачных алюминиевых ограждающих конструкций оперируют в сторону улучшения показателей сопротивления теплопередаче в основном за счет заполнения: увеличение толщины стеклопакета, применение энергосберегающего стекла и различные его вариации.

В ходе проведения магистерской диссертации по результатам исследования установлено, что среди представленных 3-х видов витражной конструкции санитарно-гигиенические требования к тепловой защите здания согласно [6] выполняются у витражей с алюминиевым профилем КП50 и с заполнением энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и

ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) с дистанционной рамкой из поливинилхлорида.

Также проведены поэлементные требования к тепловой защите здания согласно [6]. По результатам расчетов они выполняются у витражей с алюминиевым профилем КП50 с заполнением энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) с дистанционной рамкой из поливинилхлорида. Значения приведенного сопротивления теплопередаче составили $R_o = 0,802 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ для конструкции с рамкой из ПВХ. Это больше нормируемого значения, равного $0,73 \text{ (м}^2 \cdot \text{°C)/Вт}$ согласно [6]. Конструкция с энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном не прошла норматив, несмотря на то, что является «ходовой» в массовом строительстве при устройстве алюминиевых СПК.

В завершении исследования проведена экономическая оценка витражных конструкций в зависимости от модификации стеклопакета. Было установлено следующее:

1. Из двух выбранных витражных конструкций по стоимости устройства и комплектующих дороже оказалась конструкция с энергосберегающим стеклопакетом с ТОП-покрытием.

2. Расход тепловой энергии на отопление и вентиляцию за год эксплуатации у алюминиевого витража с заполнением энергосберегающим стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4М1) больше, чем у витража с стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) с дистанционными рамками из поливинилхлорида.

3. Денежные затраты на отопление и вентиляцию за год эксплуатации соответственно у первого варианта с стеклопакетом с аргоном превысили, чем у варианта 2 – с стеклопакетом с аргоном и ТОП-покрытием.

Опираясь на вышесказанное, можно сделать вывод, что оптимальной конструкцией среди исследуемых является та, в которой применим стеклопакет

шириной 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием (СПД 4М1-14Ar-4М1-14Ar-4ТОП) с дистанционной рамкой из поливинилхлорида. Такая конструкция отвечает всем теплотехническим показателям и оказалась выгодной с позиции экономической целесообразности, учитывая разницу по стоимости устройства витражной конструкции с стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и с стеклопакетом шириной 40 мм с аргоном и ТОП-покрытием.

Алюминиевая конструкция с энергосберегающим стеклопакетом с аргоном и ТОП-покрытием в сравнении с конструкцией с энергосберегающим стеклопакетом с заполнением аргоном имеет преимущество. Это дает ей ТОП-покрытие стекла, что позволило удовлетворить нормативным значениям светопрозрачной конструкции. В своей работе в качестве ТОП-покрытия используется напыление на поверхность стекла из оксидов металла, которое свободно пропускает солнечную коротковолновую энергию в помещение и в то же время отражает длинноволновое тепловое излучение, например, от нагревательных приборов, внутрь помещения, не давая ему уйти наружу. Также слой толщиной в несколько сот ангстрем обладает свойствами светового фильтра, который прозрачен для человеческого глаза и визуально ничем не отличается от обычного прозрачного стекла.

Таким образом, для условий Сибири мы подобрали оптимальный вариант светопрозрачного заполнения для алюминиевой ограждающей конструкции.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

СПК – светопрозрачные конструкции.

КФС – конструкции фасадные светопрозрачные.

ЕПДМ (Ethylene Propylene Diene Monomer) – этиленпропиленовые каучуки – синтетические эластомеры.

ПВХ-профиль – поливинилхлоридный профиль.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 ГОСТ 34379-2018 Конструкции ограждающие светопрозрачные. Правила обследования технического состояния в натуральных условиях. – Введ. 2018–10–01. – М.: Стандартинформ, 2018.

2 ГОСТ 22233-2018 Профили пресованные из алюминиевых сплавов для ограждающих конструкций. Технические условия (с Поправкой). – Введ. 2019–09–01. – М.: Минрегион России, 2018.

3 СП 426.1325800.2018 Конструкции фасадные светопрозрачные зданий и сооружений. Правила проектирования. – Введ. 2019–05–30. – М.: Минстрой РФ, 2018.

4 СП 131.13330.2018 СНиП 23-01-99* Строительная климатология. – Введ. 2019–05–29. – М.: Минрегион России, 2019. – 108 с.

5 ГОСТ 30494-2011. Здания жилые и общественные. Параметры микроклимата в помещениях. – Введ. 2013–01–01. – М.: Стандартинформ, 2013. – 11 с.

6 СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003. – Введ. 2013–07–01. – М.: Минрегион России, 2012. – 95 с.

7 СП 23-101-2004 Проектирование тепловой защиты зданий. – Введ. 2004–06–01. – М.: Предисловие, 2004. – 178 с.

8 Федеральный закон № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации».

9 ГОСТ 111-2014 Стекло листовое бесцветное. Технические условия. – Введ. 2016–04–01. – М.: Стандартинформ, 2014.

10 ГОСТ 24866-2014 Стеклопакеты клееные строительного назначения/ Госстрой РФ. - Введ. 01.04.2016. - М: Стандартинформ, 2015. – 28 с.

11 Пчелинцева Л.В. Проблемы энергосбережения в России. Современные требования к системам оконного и фасадного остекления зданий/ Л.В.

Пчелинцева, С.И. Тихомирнов//Строительные науки. Строительная теплофизика и энергосбережение. – 2010. – 5 с.

12 Аллюминиевые конструкции Sapa Facade 4150 [сайт] – URL: <https://www.sapabuildingsystem.com/globalassets/sapa-building-systems-ab/> (дата обращения: 17.02.2021).

13 Каталог аллюминиевых конструкций и профилей СИАЛ КП40 [сайт] – URL: <http://www.sial-group.ru/upload/catalog/file> (дата обращения: 19.02.2021).

14 Каталог аллюминиевых конструкций и профилей СИАЛ КП50 [сайт] – URL: <http://www.sial-group.ru/upload/catalog/file> (дата обращения: 19.02.2021).

15 Проектирование светопрозрачных конструкций [сайт] – URL: <https://makebestphoto.ru/etapy-proektirovania-svetoprozrachnyh-aluminievyyh-konstrukcij> (дата обращения: 10.03.2021).

16 Светопрозрачные конструкции в России: состояние и перспективы развития конструкций [сайт] – URL: <http://www.stroy-profi.info/archive/11461> (дата обращения: 10.03.2021).

17 Л. А. Голованова, А. С. Ерошенко Особенности энергоэффективных светопрозрачных ограждающих конструкций [сайт] – URL: http://ejournal.pnu.edu.ru/media/ejournal/articles-2014/TGU_5_155.pdf (дата обращения: 22.04.2021).

18 Т.А. Ахмяров Новое поколение энергоэффективных вентилируемых светопрозрачных и фасадных конструкций с активной рекуперацией теплового потока [сайт] – URL: <https://fasady.pro/articles/novoe-pokolenie-energoeffektivnykh-ventiliruemykh-svetoprozrachnykh-i-fasadnykh-konstruktsiy-s-aktivnoy-rekuperatsiey-teplovogo-potoka> (дата обращения: 22.04.2021).

19 Т.А. Ахмяров, В.С. Беляев, А.В. Спиридонов, И.Л. Шубин Система активного энергосбережения с рекуперацией тепла. // Энергосбережение, №4, 2013, С. 36 – 46

20 Статистика развития аллюминиевых окон [сайт] – URL: https://tybet.ru/upload/photonews8/AXOR_2021_RU.PDF (дата обращения: 03.05.2021).

21 Сибирская генерирующая компания [Электронный ресурс] – Режим доступа: <https://sibgenco.ru/consumers/tariffs/> (дата обращения: 08.01.2022).

22 ПАО «Якутскэнерго» [сайт] – URL: https://yakutskenergo.ru/opening_information/reg_goods/teplo.php (дата обращения: 08.01.2022).

23 ГОСТ Р 54858-2011. Конструкции фасадные светопрозрачные. – Введ. 2012–07–01. – М.: Стандартинформ, 2012.

24 Онлайн-калькулятор точки росы [сайт] – URL: <https://planetcalc.ru/248/> (дата обращения: 15.05.2021).

25 Программа THERM. Описание и руководство пользователя [сайт] – URL: <https://windows.lbl.gov/software/therm> (дата обращения: 11.06.2021).

26 Проф-Иль. Расчет в программе Therm [сайт] – URL: <https://prof-il.ru/therm.html> (дата обращения: 11.06.2021).

27 А.А. Верховский, А.Н. Зимин, С.С. Потапов Проектирование современных светопрозрачных ограждающих конструкций с учетом климатических условий регионов России // Светопрозрачные конструкции. 2015. № 3-4. С. 34-37.

28 Михеев Д.А. Теплотехнический расчет наружных ограждающих конструкций зданий по программе «THERM». Методические указания к практическим занятиям. Электронное издание / Д.А. Михеев, 2016 – 44 с.

29 Крепеж 24 (саморезы) [сайт] – URL: <https://krepeg24.ru/> (дата обращения: 11.12.2021).

30 Болт-гайка (болт, гайка, шайба) [сайт] – URL: <http://xn----8sbabl1bhd0a5b.xn--p1ai/> (дата обращения: 11.12.2021).

31 ПИК (саморезы) [сайт] – URL: <https://pik24.ru/> (дата обращения: 11.12.2021).

32 Атлант (кронтшейн УТ.001-80) [сайт] – URL: <https://ru.all.biz/kronshtejny> (дата обращения: 11.12.2021).

33 МеталлЭнерго Северо-Запад (крантшейн УТ.001-80) [сайт] – URL: <https://www.metallenergonw.ru/products/> (дата обращения: 11.12.2021).

34 Пластиковые окна [сайт] – URL: <https://xn--24-6kcaу5borhhz.xn--p1ai/> (дата обращения: 11.12.2021).

35 КОНСИБ [сайт] – URL: <https://www.okonsib.ru/stoimost-steklopaketa-m2-cena.html> (дата обращения: 11.12.2021).

36 СибГласс [сайт] – URL: <https://sibglass.ru/> (дата обращения: 11.12.2021).

37 Общие требования к построению, изложению и оформлению документов учебной деятельности СТУ 7.5–07–2021 [сайт] – URL: <https://about.sfu-kras.ru/docs/8127/pdf/482770> (дата обращения: 23.04.2022).

38 Чемрукова К. Е. Светопрозрачные ограждающие конструкции для массового строительства в г. Красноярске: специальность 08.04.01 «Строительство» / Чемрукова К. Е.; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2019. – 85 с.

39 Подковырина К. А. Оптимизация наружных ограждающих конструкций с учетом энергосбережения и экономической целесообразности: специальность 08.04.01 «Строительство» / Подковырина К. А.; Сибирский федеральный университет. – Красноярск, 2017. – 106 с.

40 Борискина И. В. Здания и сооружения со светопрозрачными фасадами и кровлями. Теоретические основы проектирования светопрозрачных конструкций. – С-Петербург, Инженерно-информационный Центр Оконных Систем, 2012 – 400 с.

41 Клиндт Л., Фрезе Х. Конструкции окон. – Под ред. И.В. Строкова. – М.: Стройиздат, 1987. – 112 с.

42 Кондратьева Н. В. Прочность и деформативность конструкций из листового стекла при поперечном изгибе равномерно распределенной нагрузкой: специальность 05.23.01 «Строительные конструкции, здания и сооружения»: диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук. Самара: СГАСУ, 2010. –176 с.

43 Локшин, М.З. Горючесть алюминиевых конструкций: миф и реальность / М.З. Локшин, Г.С. Макаров // СтройПРОФИль. – 2006. – №7-06.

44 ГОСТ Р 53308-2009. Светопрозрачные ограждающие конструкции и заполнения проемов. Консорциум КОДЕКС: электронный фонд правовой и нормативно-технической литературы. – Электрон. дан. – М., 2015.

45 Обеспечение энергоэффективности светопрозрачных конструкций [сайт] – URL: <http://www.stroyuls.ru> (дата обращения: 22.05.2022).

46 Поливинилхлорид (ПВХ): основные свойства, область применения [сайт] – URL: <http://www.plastinfo.ru> (дата обращения: 22.05.2022).

47 Светопрозрачные конструкции в России: состояние и перспективы развития [сайт] – URL: <http://www.stroy-profi.info/archive/11461> (дата обращения: 22.05.2022).

48 Светопрозрачные материалы на основе полимеров: виды и классификация [сайт] – URL: http://www.klag.ru/aticle/16763/?sphrase_id=20829 (дата обращения: 22.05.2022).

50 Стоечно-ригельное остекление [сайт] – URL: <http://www.alpicagroup.ru.html> (дата обращения: 25.05.2022).

51 Структурное остекление фасадов [сайт] – URL: <http://www.alpicagroup.ru> (дата обращения: 25.05.2022).

52 Разработка метода снижения потерь тепловой энергии через светопрозрачные конструкции зданий и сооружений с использованием полимерной пленки с низкоэмиссионным покрытием: отчет о научно-исслед. работе 2012 / Рос. акад. наук, Ин-т сильноточной электроники Сибирского отделения. – Томск, 2012. – 9с.

53 Боброва А. С. Леонова А. Н. Применение светопрозрачных материалов в современных ограждающих конструкциях // ФГБОУ ВО «Кубанский государственный технологический университет», Краснодар – 2019. – №1. – С. 39-41.

Приложение А

**Локальный сметный расчет витражной конструкции в зависимости от
модификации стеклопакета**

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ №1

Устройство светопрозрачной алюминиевой конструкции

(наименование конструктивного решения)

Составлен _____ ресурсно-индексным _____ методом

Основание _____
 чертежи витражной конструкции
 (проектная и (или) иная техническая документация)

Составлен(а) в текущем (базисном) уровне цен _____ 4 квартал 2021г. _____

Сметная стоимость _____ 135,32 тыс.руб.

в том числе:

строительных работ	_____	тыс.руб.	Средства на оплату труда рабочих	_____	4,59	тыс.руб.
монтажных работ	_____	тыс.руб.	Нормативные затраты труда рабочих	_____		чел.час.
оборудования	_____	тыс.руб.	Нормативные затраты труда машинистов	_____		чел.час.
прочих затрат	_____	тыс.руб.	Расчетный измеритель конструктивного решения	_____		

№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество			Сметная стоимость в базисном уровне цен (в текущем уровне цен (гр. 8) для ресурсов, отсутствующих в СНБ), руб.			Индексы	Сметная стоимость в текущем уровне цен, руб.
				на единицу	коэффициенты	всего с учетом коэффициентов	на единицу	коэффициенты	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1. Светопрозрачные алюминиевые конструкции											
1	ФЕР 09-04-010-03	Монтаж навесных панелей фасадов из герметичных стеклопакетов в пластиковой обвязке или алюминиевой обвязке	100 м2			0,1307					
		1 ОТ					3 201,48		418,43		4 284,76
		2 ЭМ					822,94		107,56		
		3 в т.ч. ОТм					229,70		30,02		307,42
		ЗТ	чел.-ч	322,73							
		ЗТм	чел.-ч	19,4							
	Прайс-лист "Болт-гайка.РФ"	Болты свободные с шестигранной головкой ГОСТ 7805-70,7798-70	кг			1,46	8,36		12,21		

Прайс-лист "Болт-гайка.РФ"	Шайбы плоские ГОСТ 11371-79	кг		0,14	12,89	1,80		
Прайс-лист "Болт-гайка.РФ"	Гайки машиностроительные свободные ГОСТ 5915-70	кг		0,41	8,59	3,52		
Прайс-лист "Крепеж24.рф"	Винты самонарезающие 4,2*19 потай	шт.		100	0,06	6,00		
Прайс-лист "МеталлЭнерго Северозапад"	Стальные кронштейны серии УТ.001-80	шт.		6	12,89	77,34		
Прайс-лист ООО "СИАЛ"	Профиль КП50	м.п		15,45	171,95	2 656,63		
Прайс-лист ООО "СИАЛ"	Закладные	м.п		1	47,66	47,66		
Прайс-лист "СибГласс"	Стеклопакеты СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4М1 с дистанционной рамкой из поливинилхлорида	м2		12	582,15	6 985,80		
	Итого по расценке				4 868,97	10 316,95		
	ФОТ					448,46		
Приказ Минстроя России № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.9	НР Строительные металлические конструкции	%	93	93		417,06	4 270,69	
Приказ Минстроя России № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.9	СП Строительные металлические конструкции	%	62	62		278,04	2 847,13	
Перевод в текущие цены 3 квартала 2021 (Письмо Минстроя России от 20.09.2021 №40123-ИФ/09 Красноярск 1 зона Жилые здания)						10 316,95	10,24	105 645,58
В том числе:								
Оплата труда						418,43	4 284,76	
Эксплуатация машин и механизмов						107,56	0,00	
Материальные ресурсы						9 790,96	0,00	
Всего ФОТ (справочно)						448,46	4 592,18	
Всего накладные расходы						417,06	4 270,73	
Всего сметная прибыль						278,04	2 847,15	
НДС (20%)							22 552,69	
ВСЕГО по смете (в базисном и текущем уровнях цен)						11 460,51	135 316,16	

ЛОКАЛЬНЫЙ СМЕТНЫЙ РАСЧЕТ №2

Устройство светопрозрачной алюминиевой конструкции

(наименование конструктивного решения)

Составлен ресурсно-индексным методом

Основание чертежи витражной конструкции

(проектная и (или) иная техническая документация)

Составлен(а) в текущем (базисном) уровне цен 4квартал 2021г.

Сметная стоимость	<u>149,92</u>	тыс.руб.						
в том числе:								
строительных работ	_____	тыс.руб.	Средства на оплату труда рабочих	_____	4,59	тыс.руб.		
монтажных работ	_____	тыс.руб.	Нормативные затраты труда рабочих	_____			чел.час.	
оборудования	_____	тыс.руб.	Нормативные затраты труда машинистов	_____			чел.час.	
прочих затрат	_____	тыс.руб.	Расчетный измеритель конструктивного решения	_____				

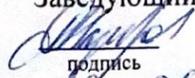
№ п/п	Обоснование	Наименование работ и затрат	Единица измерения	Количество			Сметная стоимость в базисном уровне цен (в текущем уровне цен (гр. 8) для ресурсов, отсутствующих в СНБ), руб.			Индексы	Сметная стоимость в текущем уровне цен, руб.
				на единицу	коэффициенты	всего с учетом коэффициентов	на единицу	коэффициенты	всего		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Раздел 1. Светопрозрачные алюминиевые конструкции											
1	ФЕР 09-04-010-03	Монтаж навесных панелей фасадов из герметичных стеклопакетов в пластиковой обвязке или алюминиевой обвязке	100 м2			0,1307					
	1	ОТ					3 201,48		418,43		4 284,76
	2	ЭМ					822,94		107,56		
	3	в т.ч. ОТм					229,70		30,02		307,42
		ЗТ	чел.-ч	322,73							
		ЗТм	чел.-ч	19,4							
	Прайс-лист "Болт-гайка.РФ"	Болты свободные с шестигранной головкой ГОСТ 7805-70,7798-70	кг			1,46	8,36		12,21		

Прайс-лист "Болт-гайка.РФ"	Шайбы плоские ГОСТ 11371-79	кг		0,14	12,89	1,80		
Прайс-лист "Болт-гайка.РФ"	Гайки машиностроительные свободные ГОСТ 5915-70	кг		0,41	8,59	3,52		
Прайс-лист "Крепеж24.рф"	Винты самонарезающие 4,2*19 потай	шт.		100	0,06	6,00		
Прайс-лист "МеталлЭнерго Северозапад"	Стальные кронштейны серии УТ.001-80	шт.		6	12,89	77,34		
Прайс-лист ООО "СИАЛ"	Профиль КП50	м.п		15,45	171,95	2 656,63		
Прайс-лист ООО "СИАЛ"	Закладные	м.п		1	47,66	47,66		
Прайс-лист "СибГласс"	Стеклопакеты СПД 4М1-14Аг-4М1-14Аг-4ТОП с дистанционной рамкой из поливинилхлорида	м2		12	681,17	8 174,04		
	Итого по расценке				4 967,99	11 505,19		
	ФОТ					448,46		
Приказ Минстроя России № 812/пр от 21.12.2020 Прил. п.9	НР Строительные металлические конструкции	%	93	93		417,06		4 270,69
Приказ Минстроя России № 774/пр от 11.12.2020 Прил. п.9	СП Строительные металлические конструкции	%	62	62		278,04		2 847,13
Перевод в текущие цены 3 квартала 2021 (Письмо Минстроя России от 20.09.2021 №40123-ИФ/09 Красноярск 1 зона Жилые здания)						11 505,19	10,24	117 813,16
В том числе:								
Оплата труда						418,43		4 284,76
Эксплуатация машин и механизмов						107,56		0,00
Материальные ресурсы						10 979,20		0,00
Всего ФОТ (справочно)						448,46		4 592,18
Всего накладные расходы						417,06		4 270,73
Всего сметная прибыль						278,04		2 847,15
НДС (20%)								24 986,21
ВСЕГО по смете (в базисном и текущем уровнях цен)						12 648,75		149 917,25

Министерство науки и высшего образования РФ
Федеральное государственное автономное
образовательное учреждение высшего образования
«СИБИРСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»
Инженерно-строительный институт
институт
Проектирование зданий и экспертиза недвижимости
кафедра

УТВЕРЖДАЮ

Заведующий кафедрой


подпись Р. А. Назиров
инициалы, фамилия
«20» 06 2022 г.

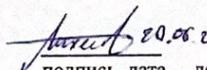
МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ

Светопрозрачные алюминиевые ограждающие конструкции при строительстве
жилых и общественных зданий в условиях Сибири
тема

08.04.01 Строительство
код и наименование направления

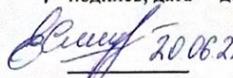
08.04.01.04 Проектирование зданий. Энерго- и ресурсосбережение
код и наименование магистерской программы

Руководитель


подпись, дата 20.06.22 доцент, к. т. н.
должность, ученая степень

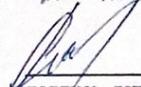
Д. А. Михеев
инициалы, фамилия

Выпускник


подпись, дата 20.06.22

Е. В. Смирнова
инициалы, фамилия

Рецензент


подпись, дата _____ к т н.
должность, ученая степень

А. Ф. Пухов
инициалы, фамилия

Красноярск 2022