

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗЛИЧНЫХ КОМБИНАЦИЙ УТЕПЛЕНИЯ ПРОСТРАНСТВА МЕЖДУ СТЕНОЙ И СЭНДВИЧ-ПАНЕЛЬЮ ИЗ МИНЕРАЛЬНОЙ ВАТЫ

Валиахметова Ю.И., Важаев К.В., Мартяшева В.А., Латыпова Т.В., Газизова Л.И.,
Шарафутдинов А.И., Ульмасов Р.Р.

Кафедра «Вычислительная математика и кибернетика»
ФГБОУ ВО Уфимский государственный авиационный технический университет
Адрес: г. Уфа, ул. К. Маркса, д. 12,
Кафедра «Водоснабжение и водоотведение»
ФГБОУ ВО Уфимский государственный нефтяной технический университет
Адрес: г. Уфа, ул. Космонавтов, д. 1

Аннотация. в статье рассматриваются методы повышения энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь через светопрозрачные конструкции, при этом уделяя особое внимание оконным откосам. Авторы предлагают исследовать различные комбинации заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты. Для этого выполнен расчет и полученные результаты распределения температурных полей при различных комбинациях с использованием программного комплекса ANSYS. Авторами проанализированы результаты и сделаны выводы о наиболее экономически выгодном варианте заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты.

Предмет исследования: различные комбинации заполнения пространства между стеной и утеплителем из сэндвич-панелей из минеральной ваты.

Результаты: при расчете на определении наиболее подходящего варианта заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты, заполнение минеральной ватой, и воздухом показали наилучшие показатели. Так при заполнении монтажной пеной температуры на внутренней поверхности угла сопряжения оконного откоса составляют $13,6^{\circ}\text{C}$, $14,3^{\circ}\text{C}$, $15,0^{\circ}\text{C}$, $16,8^{\circ}\text{C}$, что выше точки росы, при заполнении воздухом $13,0^{\circ}\text{C}$, $14,6^{\circ}\text{C}$, $15,3^{\circ}\text{C}$, $16,0^{\circ}\text{C}$.

Выводы: зависимость между температурой наружного воздуха и внутренней температурой поверхности оконного откоса при различных комбинациях утепления показывает, что значение температур поверхности внутреннего контура в углу оконного откоса наиболее благоприятное и ближайшее к комфортному при заполнении пространства между стеной и сэндвич-панелью минеральной ватой или воздухом. Наиболее эффективно использовать утеплитель из минеральной ваты, полностью заполняя пространство, либо заполнять пространство воздухом. Практическое значение работы заключается в применении предлагаемого метода снижения теплопотерь через оконные конструкции на этапе проектирования и расчет теоретической эффективности применения данного метода.

Ключевые слова: энергоэффективность зданий, светопрозрачные конструкции, оконный откос, уменьшение теплопотерь в зданиях.

ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время во всем мире становится актуальным вопрос о рациональном использовании энергоресурсов. Многие страны на законодательном уровне рассматривают пути снижения энергопотребления за счет уменьшения энергозатрат на строительство зданий и сооружений, на отопление, вентиляцию, кондиционирование и водоснабжение.

Энергоэффективность – рационально потребление энергетических ресурсов – использование меньшего количества энергии для обеспечения того же уровня энергетического обеспечения зданий и сооружений или технологических процессов на производстве. Для населения повышение энергоэффективности влечет за собой снижение коммунальных расходов, для

страны – экономия ресурсов, повышение производительности.

Одним из наиболее эффективных способов повышения энергоэффективности в строительстве признано снижение теплопотерь через ограждающие конструкции зданий и сооружений и инженерные системы. Устройство теплоизоляции ограждающих конструкций позволяет экономить до 40-50% энергетических затрат на отопление. Соотношение тепловых потерь через ограждающие конструкции: стены – 35%, кровля – 20%, вентиляция – 17%, окна – 17%, пол – 9%.

Необходимые мероприятия для снижения теплопотерь:

- Утепление наружных конструкций стен и кровли, что способствует экономии до 40% тепла;
- Устранение теплопроводных отверстий в стенах и оконных конструкциях, что способствует экономии 2-3% тепла;

- Проектирование зданий с площадью остекления, не превышающее нормативное значение, установкой многокамерных стеклопакетов, остекление лоджий и балконов, что способствует экономии 10-12% тепла;

- Устройство микровентиляции, что способствует экономии 4-5% тепла;

- Установка индивидуальных терморегуляторов.

На сегодняшний день проведено немало количество исследований, касательно утепления наружных конструкций стен и кровли, а также внедрены в процесс проектирования и строительства такие способы, как:

- Применение минераловатных утеплителей;
- Применение ограждений с экструдированным пенополиэтиленом (Пеноплекс);

- Плиты из базальтовых горных пород (Изовол);

- Устройство вентилируемых фасадов.

В связи с внедрением современных технологий энергосбережения в устройство фасадов и кровель, а также на основе исследований зданий и сооружений было выявлено, что до сих пор остается актуальным вопрос о высоком уровне теплопотерь через светопрозрачные конструкции. С учетом вышесказанного, целью данной работы является увеличение энергоэффективности жилых, общественных и промышленных зданий за счет снижения теплопотерь через светопрозрачные конструкции, не нарушая комфортные условия микроклимата в помещениях.

Основные задачи:

1. Изучить законодательную и нормативную базу в области теплопотерь, в том числе через светопрозрачные конструкции;

2. Изучить методы оценки теплопотерь через конструкции оконных проемов;

3. Произвести сравнение методов повышения энергоэффективности зданий за счет снижения теплопотерь посредством исследования различных методов утепления оконной конструкции;

4. Произвести исследование различных комбинаций заполнения пространства между стеной и утеплителем, в частности, сэндвич-панелью из минеральной ваты.

ОБЗОР СОСТОЯНИЯ ВОПРОСА

Основными источниками, раскрывающими методы уменьшения теплопотерь через светопрозрачные конструкции явились научные статьи и нормативная строительная документация.

Начиная с 2002 года, ключевым законодательным актом Европейского союза, предусматривающим сокращение потребления энергии зданиями, является Директива по энергоэффективности зданий (Energy Performance of Buildings Directive). Этот документ устанавливает требования для государств – членов Европейского Союза о принятии мер для повышения коэффициента рационального использования

энергетических ресурсов. На данный момент действует актуализированная Директива 2010/31/ЕС, вступившая в силу 18 июня 2010 года. 30 ноября 2016 года в рамках пакета «Чистая энергия для всех европейцев» Еврокомиссия опубликовала предложение о пересмотре EPBD (COM/2016/0765), которое было согласовано Советом ЕС 26 июня 2017 года [1].

Увеличение энергоэффективности зданий является частью основной концепции Федерального закона РФ от 23 ноября 2009 г. № 261-ФЗ «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» [2].

В Республике Башкортостан внедрено Постановление «О Комплексной программе Республики Башкортостан «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности на 2010-2014 год» (с изменениями на 14 февраля 2014 года) [3].

Согласно [4] теплозащитная оболочка здания должна отвечать следующим требованиям:

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

- б) удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения (комплексное требование);

- в) 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 требований а), б) и в).

В настоящее время большинство зданий и сооружений имеют ограждающие конструкции, которые не соответствуют нормам по сопротивлению теплопередаче. В связи с этим очень важно массово и оперативно проводить обследование фактического теплотехнического состояния здания (фактического распределения температурных полей на поверхности ограждающих конструкций) [5]. Об актуальность данной темы свидетельствуют многочисленные публикации российских и зарубежных ученых [6-15].

Температура внутренней поверхности ограждающей конструкции должна определяться по результатам расчета температурных полей всех зон с теплотехнической неоднородностью или по результатам испытаний в климатической камере в аккредитованной лаборатории, однако по [5] «температура внутренней поверхности конструктивных элементов остекления окон жилых зданий должна быть не ниже плюс 3 °С, а непрозрачных элементов окон – не ниже температуры точки росы (температура воздуха, при которой содержащийся в нём пар достигает состояния насыщения и начинает конденсироваться в росу) при расчетной температуре наружного

воздуха в холодный период года». Точка росы для Республики Башкортостан составляет +7 °С.

Самыми уязвимыми ограждающими конструкциями на данный момент являются светопрозрачные (оконные). Значительная часть тепла «теряется» через окна и откосы. Коэффициент остекленности фасада жилых зданий обычно составляет около 20%, суммарные теплопотери через окна сопоставимы с теплопотерями через стены [16].

Оконные откосы возможно утеплять различными способами, герметизировать стыки, заменять сэндвич-панели из привычной минеральной ваты на другой материал, с более низким коэффициентом теплопроводности. Также можно рассмотреть замену привычных двуслойных стеклопакетов на трехслойные или энергоэффективные «умные» окна. Например, теплоизоляционные свойства окон повышаются при использовании стекол с селективным покрытием [17], обладающим способностью пропускать коротковолновую ультра-фиолетовую солнечную радиацию в диапазоне от 0,2 до 2 мкм и почти полностью (до 90%) отражать длинноволновую тепловую радиацию в диапазоне от 2,5 до 16 мкм (обычное оконное стекло пропускает последнюю на 70%). Для такого покрытия используют полупрозрачные металлические пленки, например из оловокадмиевого оксида.

Но все вышеперечисленные варианты имеют существенный минус из-за стоимости. Все эти технологии предполагают высокую стоимость как на сами материалы, так и на их монтаж.

В целом, анализ позволяет сделать вывод, что из-за дороговизны материалов с низким коэффициентом сопротивления теплопередачи, методика замены материалов на более лучшие не совсем целесообразна, так как это ведет к удорожанию строительства и повышению себестоимости м² жилых помещений.

Предлагается исследовать заполнение пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты. Данное заполнение нормируется ГОСТ 30971-2012, но из-за сложной технологии практически не применяется. Приведенной в ГОСТе технологией пренебрегают, считая ее трудоемкой и неоправданной. Технологии, описанные в ГОСТ, предполагают использование изоляционной саморасширяющейся паропроницаемой ленты (ПСУЛ). Если устанавливается качественное энергоэффективное пластиковое окно (с монтажной шириной профиля 70 мм и более), монтажный шов будет отличаться от примера ГОСТ 30971-2012 при запенивании, в угловой зоне возле ПСУЛ будут образовываться незапененные полости, а это нарушает теплоизоляционные свойства монтажного шва и приводит к его промерзанию, а в крайнем случае — и к продуванию. Попытка проложить большее количество пены в это пространство приводит к выдавливанию пеной ПСУЛ наружу [18].

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Наиболее наглядно теплопотери в зданиях помогает определить тепловизионное обследование [9].

Тепловизионное обследование — неразрушающий метод контроля, основанный на дистанционной регистрации тепловых полей объекта обследования по его собственному инфракрасному излучению [5]. Он позволяет регистрировать неоднородности в тепловых потоках, вызываемых внутренними дефектами. Тепловизионный контроль широко используется в военной промышленности, медицине, биологии, экологии, астрономии, производстве строительных материалов, при эксплуатации электроустановок, механического оборудования, зданий и сооружений, инженерных систем [10].

С целью выявления дефектов в оконных проемах, было произведено тепловизионное обследование жилых строящихся зданий в г. Уфа.

При обследовании основное внимание уделялось:

- визуальным дефектам оконной конструкции;
- узлам сопряжений оконной рамы с откосами.

Задачей обследования было выявление у объектов исследования, зон с повышенной температурой с внутренней части оконного проема обследуемых зданий.

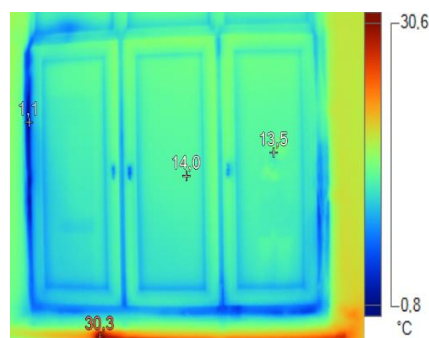


Рис. 1. Одна из термограмм откоса, утепленного сэндвич-панелью

Fig. 1. One of the thermograms of the slope insulated with a sandwich panel

Рассмотрев, полученные термограммы видно, что фактическая температура внутренней поверхности оконной конструкции колеблется в пределах (1,0-5,2) °С, в среднем температура в местах детального обследования составляет 3 °С.

При визуальном обследовании обнаружилось, что в качестве утеплителей в оконных проемах чаще всего используется сэндвич-панель с минеральной ватой или пенопластом. Для улучшения теплозащитных свойств в местах соединений сэндвич-панелей заполнили монтажной пеной, а стык сэндвич-панели остался незагерметизированным. Вследствие чего, в узлах сопряжения попадает влага, и ухудшаются теплозащитные свойства утеплителя.

Численные исследования касательно вопроса исследований выполнены в САЕ-комплексе ANSYS. САЕ - системы предназначены для моделирования и анализа физических процессов. САЕ-системы основаны на математических моделях, представляющих собой системы уравнений, которые решаются с помощью методов конечных разностей, конечных объемов и конечных элементов. ПК ANSYS – это многоцелевой пакет программ для численного моделирования физических процессов и явлений.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ АНАЛИЗ

Для анализа теплового потока, необходимо следовать следующим алгоритмом действий в программном комплексе ANSYS:

1. Выбрать тип создаваемой модели - теплопередача стационарная.
2. Определить рабочую область и задать геометрию модели.
3. Указать граничные условия модели.
4. Принять теплофизические и начальные условия.
5. Задать параметры сетки и ее построение.
6. Задание исходных данных-свойств теплопроводности λ Вт/(м² *с) используемых строительных материалов
7. Задание коэффициентов теплопередачи внутренней и наружной поверхности конструкций.
8. Определить параметры решающего устройства и запустить расчет.

Для того, чтобы наглядно продемонстрировать распределение температуры в откосе без утепления, выполнен критический расчет в программном комплексе ANSYS. Расчет показывает, как происходит распределение холодного воздуха с улицы в помещение через стены при отсутствии какого-либо утепления. Такое может происходить при недостаточном утеплении стен и откосов. Эксперимент наглядно демонстрирует, как важно заботиться о теплофизических характеристиках жилых зданий.

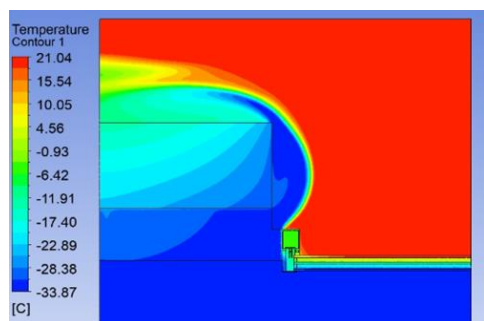


Рис. 2. Результат моделирования температурных полей в критических условиях

Fig. 2 The result of simulation of temperature fields in critical conditions

Температура на внутренней поверхности оконного откоса от -32,85 °С до -5,37 °С.

Для того, чтобы исключить теплопотери в строящихся и эксплуатирующихся зданиях необходимо не только обеспечить качественный монтаж, герметичность швов, но и создавать дополнительные мероприятия, например, использовать металлический лист для обрамления оконного откоса. Данный метод является достаточно приемлемым в цене и эффективным. Он создает дополнительную изоляцию и мешает холодному воздуху попадать в жилое помещение через неплотности узлов и швов в конструкции стены. Металлическая пластина представляет собой конструкцию из самого недорогого металла, имеющегося на рынке. Металлическая пластина в облицовке внутреннего оконного откоса выполняет роль преграды, для сохранения теплотехнических характеристик материалов, используемых для утепления внутреннего откоса.

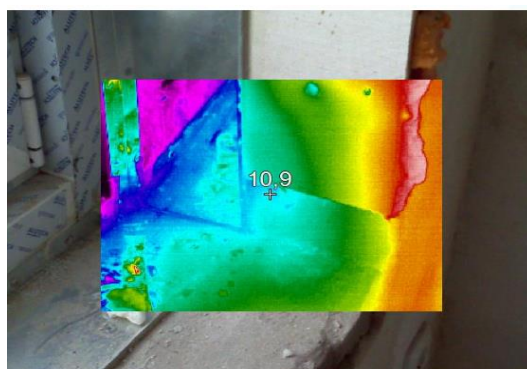


Рис. 3. Тепловизионная съемка оконного проема с утеплением металлической пластиной

Fig. 3. Thermal imaging of a window opening with metal plate insulation

Для исследования надежности утепления внутреннего откоса металлической пластиной в компьютерной системе ANSYS произведен тепловой расчет оконной конструкции с утеплением металлической пластиной. Для анализа используется температура в трех точках металлической пластины:

- примыкание металлической пластины к стене (кирпич);
- примыкание металлической пластины к профилю окна;
- угол оконного откоса.

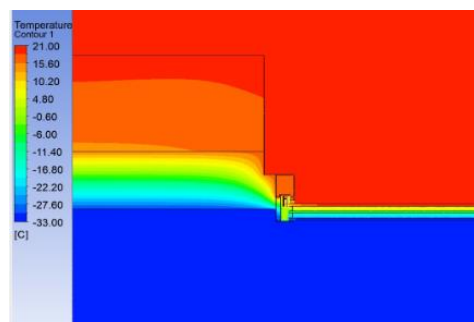


Рис. 4. Результат компьютерного моделирования температурных полей в программном комплексе ANSYS

Fig. 4. Result of computer simulation of temperature fields in the ANSYS software package

Для качественной теплоизоляции оконного откоса недостаточно уставить металлическую пластину. Необходимо предусмотреть дополнительные методы. В качестве альтернативного и недорого варианта возможно исследовать влияние материала заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью.

Предлагается выполнить:

1. Откос, утепленный сэндвич-панелью с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью монтажной пеной 2/3 и воздухом 1/3 при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15;

2. Откос, утепленный сэндвич-панелью (мин. вата) с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью монтажной пеной 1/3 и воздухом 2/3 при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15.

3. Откос, утепленный сэндвич-панелью с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью минеральной ватой при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15;

4. Откос, утепленный сэндвич-панелью с заполнением пространства между стеной и сэндвич-панелью воздухом при температурах наружного воздуха, °C: -33, -25, -20, -15.

Для каждого предложенного выше расчета получены результаты моделирования температурных полей. В связи с большим объемом таблиц, предлагается исследовать результаты при температуре наружного воздуха -33 °C.

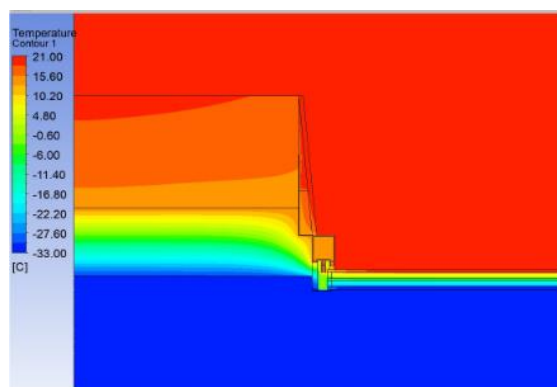


Рис. 5. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением монтажной пеной и воздухом

Fig. 5. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel filled with mounting foam and air

Таблица 1. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины

Table 1. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °C
1	-33	0,5 м/с	+17,1
2			+16,7
3			+15,6

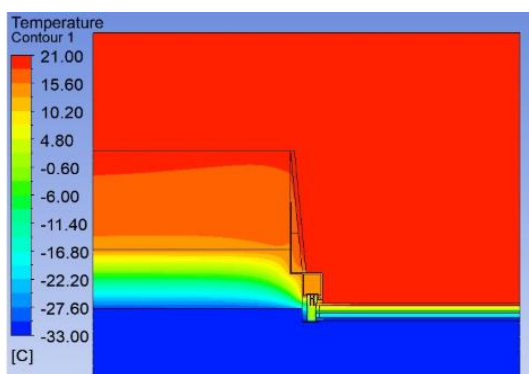


Рис. 6. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением минеральной ватой

Fig. 6. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel filled with mineral wool

Таблица 2. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины

Table 2. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °C
1	-33	0,5 м/с	+16,8
2			+13,6
3			+13,0

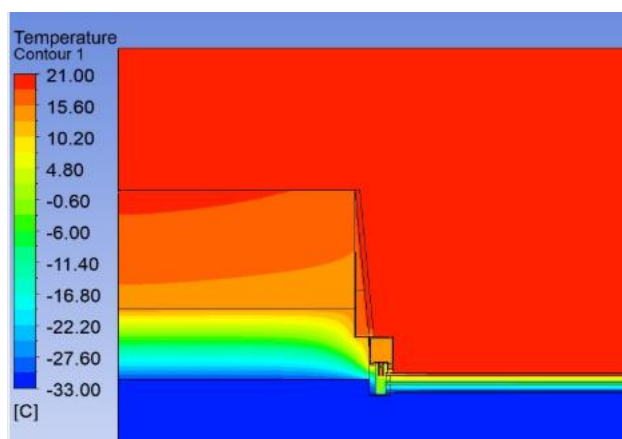


Рис. 7. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением воздухом
Fig. 7. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel with air filling

Таблица 3. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины
Table 3. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °С
1	-33	0,5 м/с	+14,86
2			+13,0
3			+12,2

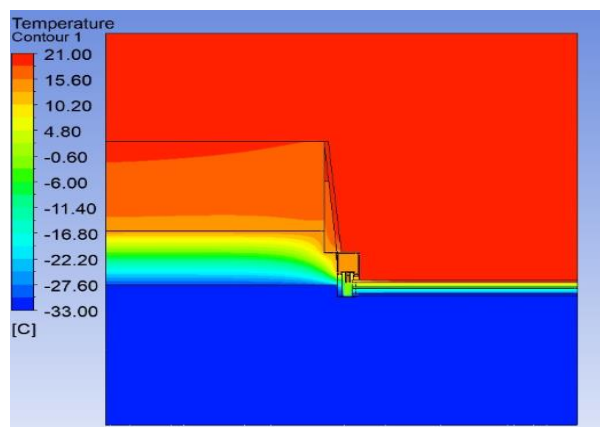


Рис. 8. Конструкция оконного проема с утеплением из сэндвич-панели с заполнением монтажной пеной на 2/3 расстояния оконного проема

Fig. 8. Construction of a window opening with insulation from a sandwich panel with filling with mounting foam for 2/3 of the distance of the window opening

Таблица 4. Распределение температур при расчете в трех точках металлической пластины
Table 4. The temperature distribution in the calculation at three points of the metal plate

№ точки измерений	Максимальная температура наружного воздуха	Скорость движения воздуха	Температура поверхности по внутреннему контуру, °С
1	-33	0,5 м/с	+15,8
2			+11,8
3			+12,8

Произведя дополнительные расчеты, предложенных вариантов для температур наружного воздуха -25, -20, -15 °С. На графике ниже представлены все комбинации заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью при температурах наружного воздуха -33°C.

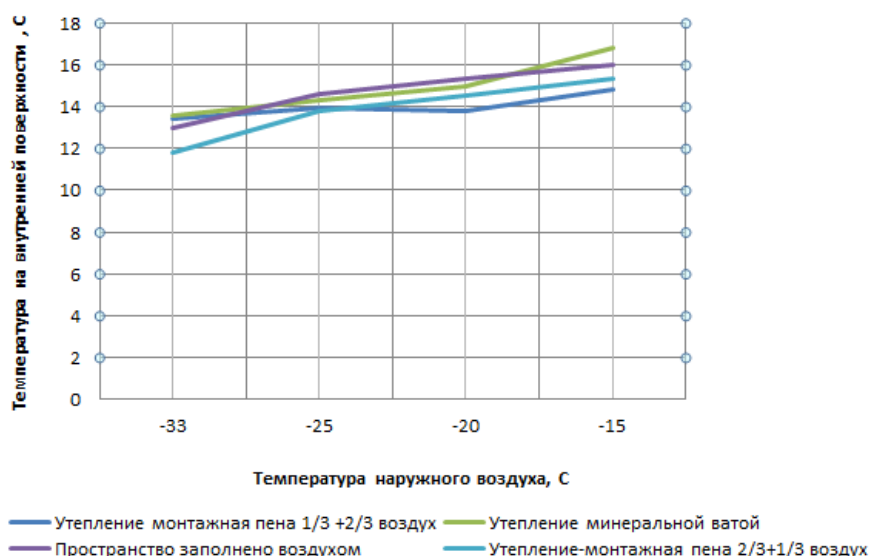


Рис.9. График температур поверхностей по внутреннему контуру в углу оконного откоса
Fig. 9. Graph of surface temperatures along the inner contour in the corner of the window slope

Также на рис. 9 видно, что значение температур поверхности внутреннего контура в углу оконного откоса наиболее благоприятное и ближайшее к комфортному при заполнении пространства между стеной и сэндвич-панелью минеральной ватой или воздухом.

ВЫВОДЫ

Анализ полученных результатов экспериментального исследования заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью различными комбинациями заполнителей, а также тепловизионное и визуальное обследование оконных конструкций позволяют сделать ряд выводов.

1. При расчете в программном комплексе ANSYS выявлено, что незначительное утепление оконного откоса металлической пластиной, позволяет с температуры $-28,85^{\circ}\text{C}$ критического расчета повысить ее до $+13^{\circ}\text{C}$. Температура в узле сопряжения оконного откоса стала выше точки росы в разы, что подтверждает увеличение тепловой надежности откоса и уменьшение теплопотери, даже при возможном неправильном монтаже оконных откосов. Учитывая, что некачественный монтаж, не редкая ситуация, металлическая пластина является своего рода необходимым связующим звеном, позволяющим надолго сохранить теплофизические характеристики и светопрозрачных конструкций, и оконных откосов.

2. При расчете на определении наиболее подходящего варианта заполнения пространства между стеной и сэндвич-панелью из минеральной ваты, заполнение минеральной ватой, и воздухом показали наилучшие показатели. Так при заполнении монтажной пеной температуры на внутренней поверхности угла сопряжения оконного откоса составляют $13,6^{\circ}\text{C}$, $14,3^{\circ}\text{C}$, $15,0^{\circ}\text{C}$, $16,8^{\circ}\text{C}$,

что выше точки росы, при заполнении воздухом, $^{\circ}\text{C}$: 13,0, 14,6, 15,3, 16,0.

В жизненном цикле здания на стоимость строительства приходится пятая часть затрат, остальные расходы - это затраты на эксплуатацию. Безусловно, первоственным критерием выбора материалов и конструктивных решений, закладываемых в проект или применяемых при строительстве, является стоимость начальных вложений. Также становится очевидным и тот факт, что уменьшение расходов на эксплуатацию становится ключевым условием в решении задач экономической эффективности вложений и энергоэффективности.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of 30 May 2018.
2. Каменева Е.А., Седаш Т.Н., Тютюкина Е.Б., Шохин Е.И. Финансовый механизм повышения энергоэффективности (на примере ЖКХ): Монография. — М.: Научные технологии, 2013.
3. ТСН 23-318-2000 Республики Башкортостан (ТСН 23-318-2000 РБ) Тепловая защита зданий. Введ. 23.01.2001 г.
4. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003 (с Изменением N 1). 2013 г.
5. А.К. Буркитбаев, Ш.К. Адилев. Тепловизионное обследование как способ технической диагностики теплопотерь в зданиях и сооружениях. Вестник Алматинского технологического университета. 2013. — С. 77-79.
6. Santos, P, Martins, C, Sim es da Silva, L. Thermal performance of lightweight steel-framed construction systems. Metall Res Technol. 2014. No. 111(6). pp. 329-338.

7. Santos, P, Energy efficiency of lightweight steel-framed buildings [Online]. URL <https://www.intechopen.com/books/energy-efficient-buildings/energy-efficiency-of-lightweightsteel-framed-buildings> (date of application: 11.12.2017).

8. Mao, G., Johannesson, G. Dynamic calculation of thermal bridges. *Energy and Buildings*. 1997. Vol. 26. No. 3. pp. 233-240.

9. Garay, R., Uriarte, A., Apraiz, I. Performance assessment of thermal bridge elements into a full scale experimental study of a building façade. *Energy and buildings*, 2014. No. 85. pp. 579-591.

10. Tenpierik, M.J., Van der Spoel, W.H., Cauber, J.M. Analytical model for computing thermal bridge effects in high performance building panels [Online]. URL: http://www.researchgate.net/publication/242269808_Analytical_Model_for_Computing_Thermal_Bridge_Effects_in_High_Performance_Building_Panels (date of application: 11.12.2017).

11. Qingyan Chen. A computational method for calculation heat transfer and airflow through a dual-airflow window. *Energy and Environment*, Vol. 40, pp. 452-458, 2008.

12. Neveen Haxnza, Double versus single skin facades in hot arid areas. *Energy and Buildings*, vol. 40, pp. 240-248, 2008.

13. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Influence of building envelope thermal protection on heat loss value in the building. *Magazine of Civil Engineering*. 2012. No. 8(34). pp. 4-14.

14. . Krivoshein, A.D., Fedorov, S.V. K voprosu o raschete privedennogo soprotivleniya teploperedache [About the calculation of reduced total thermal resistance of walling]. *Magazine of Civil Engineering*. 2010. No. 8(18). pp. 21-27.

15. Bedov A I, Babkov V V, Gaisin A M, Gabitov A I Experience in Operating Residential and Civil Buildings with Heat Efficient External Walls in Climatic Conditions of the Republic of Bashkortostan // *Bulletin of MSUCE – 2011 No 2 V 1*, pp 89-94.

16. Подковырина К.А., Подковырин В.С. Энергоэффективные светопрозрачные ограждающие конструкции (современная историография вопроса) // *Урбанистика*. – 2016. – № 3. – С. 49-60.

17. Пат. 2639750 Российская Федерация, МПК C03C 17/36, E06B 3/66. Изолирующие стеклопакеты с низкоэмиссионными и антиотражающими покрытиями [текст]/ FRENK Markus (US), BOJS Brent (US), KNOLL Khartmut (DE), LORENTS Aleksander (DE), KRILTTS Uve (DE); заявитель и патентообладатель - GARDIAN INDASTRIZ KORP. (US) SANTR LYUKSAMBURZHUA DE RESHERSH PUR LE VERR E LYA SERAMIK S.A. (S.R.V.S.) (LU). – № 2014128342; заявл. 27.04.2029.11.2012; опубл. 22.12.2017.

18. ГОСТ 30971-2012 «Швы монтажные узлов примыкания оконных блоков к стеновым проемам. Общие технические условия»

19. А.М. Чегринцев. Анализ теплопотерь в ограждающих конструкциях зданий и сооружений.

Вестник Сумского национального аграрного университета. Выпуск 8 (17), 2013г. – с.116 – 118.

20. Н.С. Пономарев, Т.С. Рогожин. Методика определения теплопотерь здания с использованием тепловизора. «Современные проблемы физико-математических наук». Материалы III Международной научно-практической конференции. Под общ. ред. Т.Н. Можаровой. 2017 С. 249-253.

REFERENCES

1. Energy Performance of Buildings Directive (EU) 2018/844 of the European Parliament and of the Council of May 30, 2018.

2. Kameneva E.A., Sedash T.N., Tyutyukina E.B., Shokhin E.I. The financial mechanism for improving energy efficiency (for example, housing and communal services): Monograph. - M.: Scientific technologies, 2013.

3. TSN 23-318-2000 of the Republic of Bashkortostan (TSN 23-318-2000 RB) Thermal protection of buildings. Enter 01/23/2001

4. SP 50.13330.2012 Thermal protection of buildings. Updated version of SNiP 23-02-2003 (as Amended by N 1). 2013

5. A.K. Burkitbaev, Sh.K. Adilov. Thermal imaging as a method for the technical diagnosis of heat loss in buildings and structures. *Bulletin of Almaty Technological University*. 2013 - p. 77 - 79.

6. Santos, P, Martins, C, Sim es da Silva, L. Thermal performance of lightweight steel-framed construction systems. *Metall Res Technol*. 2014. No. 111(6). pp. 329–338.

7. Santos, P, Energy efficiency of lightweight steel-framed buildings [Online]. URL <https://www.intechopen.com/books/energy-efficient-buildings/energy-efficiency-of-lightweightsteel-framed-buildings> (date of application: 11.12.2017).

8. Mao, G., Johannesson, G. Dynamic calculation of thermal bridges. *Energy and Buildings*. 1997. Vol. 26. No. 3. pp. 233–240.

9. Garay, R., Uriarte, A, Apraiz, I. Performance assessment of thermal bridge elements into a full scale experimental study of a building façade. *Energy and buildings*, 2014. No. 85. pp. 579–591.

10. Tenpierik, M.J., Van der Spoel, W.H., Cauber, J.M. Analytical model for computing thermal bridge effects in high performance building panels [Online]. URL: http://www.researchgate.net/publication/242269808_Analytical_Model_for_Computing_Thermal_Bridge_Effects_in_High_Performance_Building_Panels (date of application: 11.12.2017).

11. Qingyan Chen. A computational method for calculation heat transfer and airflow through a dual-airflow window. *Energy and Environment*, Vol. 40, pp. 452-458, 2008.

12. Neveen Haxnza, Double versus single skin facades in hot arid areas. *Energy and Buildings*, vol. 40, pp. 240-248, 2008.

13. Vatin N.I., Nemova D.V., Rymkevich P.P., Gorshkov A.S. Influence of building envelope thermal

protection on heat loss value in the building. Magazine of Civil Engineering. 2012. No. 8(34). pp. 4–14.

14. Krivoshein, A.D., Fedorov, S.V. K voprosu o raschete privedennogo soprotivleniya teploperedache [About the calculation of reduced total thermal resistance of walling]. Magazine of Civil Engineering. 2010. No. 8(18). pp. 21–27.

15. Bedov A I, Babkov V V, Gaisin A M, Gabitov A I Experience in Operating Residential and Civil Buildings with Heat Efficient External Walls in Climatic Conditions of the Republic of Bashkortostan // Bulletin of MSUCE – 2011 No 2 V 1, pp 89-94.

16. Podkovyrina K.A., Podkovyrin V.S. Energy-efficient translucent walling (modern historiography of the issue) // Urban Studies. – 2016. – No. 3. – S. 49-60.

17. Pat. 2639750 Russian Federation, IPC C03C 17/36, E06B 3/66. Insulating double-glazed windows with low-emission and anti-reflective coatings [text] / FRENK Markus (US), BOJS Brent (US), KNOLL Khartmut (DE), LORENTS Aleksander (DE), KRILTTS Uve (DE); applicant and patent holder - GARDIAN INDASTRIZ KORP. (US) SANTR LYUKSAMBURZHUA DE RESHERSH PUR LE VERR E LYA SERAMIK S.A. (S.R.V.S.) (LU). –

№ 2014128342; declared 04/27/2029.11.2012; publ. 12/22/2017.

18. GOST 30971-2012 "Mounting seams for adjoining window blocks to wall openings. General specifications "

19. A.M. Chegrinets. Analysis of heat loss in the enclosing structures of buildings and structures. Bulletin of Sumy National Agrarian University. Issue 8 (17), 2013 - p. 116 - 118.

20. N.S. Ponomarev, T.S. Rogozhin. Methodology for determining heat loss of a building using a thermal imager. "Modern problems of physical and mathematical sciences." Materials of the III International Scientific and Practical Conference. Under the total. ed. T.N. Mozharova. 2017 p. 249 - 253.

RESEARCH OF VARIOUS COMBINATIONS OF WARMING SPACE BETWEEN A WALL AND A SANDWICH PANEL FROM MINERAL WOOL

Valiakhmetova Yu.I., Vazhdaev K.V., Martyasheva V.A., Latypova T.V., Gazizova L.I., Sharafutdinov A.I., Ulmasov R.R.

Department "Computational Mathematics and Cybernetics"
Ufa State Aviation Technological University
Address: Ufa, K. Marx Str., 12,
Department "Water supply and drainage"
Ufa State Petroleum Technological University
Address: Ufa, Kosmonavtov Str., 1

Abstract The article discusses methods for improving the energy efficiency of buildings by reducing heat loss through translucent structures, while paying particular attention to window slopes. The author suggests exploring various combinations of filling the space between a wall and a mineral wool sandwich panel. For this, the calculation and the results of the distribution of temperature fields for various combinations using the ANSYS software package were performed. The author analyzed the results and made conclusions about the most cost-effective option for filling the space between the wall and the mineral wool sandwich panel.

Subject: various combinations of filling the space between the wall and the mineral wool sandwich panel insulation.

Results: Results: When calculating the most suitable option for filling the space between the wall and the mineral wool sandwich panel, filling with mineral wool and air showed the best results. So when filling with mounting foam, the temperatures on the inner surface of the angle of contact of the window slope are 13.6 ° C, 14.3 ° C, 15.0 ° C, 16.8 ° C, which is higher than the dew point, when filling with air 13.0 ° C, 14.6 ° C, 15.3 ° C, 16.0 ° C.

Conclusions: the relationship between the temperature of the outdoor air and the internal temperature of the surface of the window slope for various combinations of insulation shows that the temperature value of the surface of the inner contour in the corner of the window slope is the most favorable and closest to the comfort when filling the space between the wall and the sandwich panel with mineral wool or air. It is most effective to use mineral wool insulation to completely fill the space, or to fill the space with air. The practical significance of the work lies in the application of the proposed method of reducing heat loss through window structures at the design stage and calculating the theoretical effectiveness of this method.

Key words: energy efficiency of buildings, translucent structures, window slope, reduction of heat loss in buildings.