

М.О. ПАВЛОВА<sup>1</sup>, канд. техн. наук, В.А. ЗАХАРОВ<sup>1</sup>, А.М. КВАРДАКОВА<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко АО «НИЦ «Строительство»

<sup>2</sup>НИУ МГСУ; e-mail: kvardakova.nastja@gmail.com

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПOTЕРЬ ЧЕРЕЗ УЗЕЛ ОКОННОГО ОТКОСА

*Произведена оценка требований по энергетической эффективности проектируемых и уже построенных зданий. Проведен анализ теплотехнической неоднородности конструкций наружных стен введенных зданий. Определена важность краевых зон при расчетах потерь тепла через ограждающие конструкции. Приведены результаты расчетов теплопотерь через узел оконного откоса для окна с алюминиевым профилем. Среди трех рассматриваемых утеплителей выбран наилучший вариант с точки зрения эффективности теплозащиты, стоимости и технических характеристик в целом.*

*Основной проблемой, рассматриваемой в статье, является недооцененность влияния краевых зон окон на общий уровень теплопотерь через ограждающие конструкции здания.*

**Ключевые слова:** энергоэффективность, тепловая защита зданий, ограждающие конструкции, теплопотери, оконный откос.

### Введение

В последнее десятилетие нормативные документы и требования по проектированию направлены на совершенствование методики теплотехнических расчётов и расширение информационной базы по теплофизике в целом. В постановлении Правительства Российской Федерации № 18 от 25.01.2011 г. установлен порядок повышения энергоэффективности зданий по сравнению с базовым, нормируемым в 2010 году уровнем на 15% с 2011 года, еще на столько же с 2016 года и всего на 40% с 2020 года [1]. Правительством РФ предусматривается повышение энергоэффективности жилищного фонда, включающего в себя проектируемые, строящиеся и уже построенные на настоящий момент здания и сооружения. Таким образом, необходимо не только разрабатывать новые энергоэффективные конструктивные решения, но и стремиться к приведению ограждающих конструкций существующих зданий в соответствие с новыми требованиями.

### Цели и задачи

В связи с большими теплопотерями через проемы возникает вопрос о неэффективном энергопотреблении, которое имеет негативные последствия как для окружающей среды (например, способствует изменению климата), так и для социальной сферы. Напротив, повышение уровня внутренней термо-, влаго- и шумоизоляции улучшает комфортность жизни и состояние здоровья населения.

В настоящий момент требования по повышению энергетической эффективности для всех типов зданий сформулированы в Приказе Министерства строительства Российской Федерации от 17.11.2017 № 1550 «Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений» [2] следующим образом:

1. Для новых зданий: регламентировано снижение расхода энергии на отопление и вентиляцию на 50% от базового уровня до 2028 года;
2. Для существующих жилых, общественных и производственных зданий (кроме многоквартирных домов): регламентировано однократное повышение энергоэффективности — приведение к требованиям 2018 года;
3. Для многоквартирных домов после комплексного ремонта: энергопотребление должно быть доведено до базового уровня энергоэффективности.

### Обзор исследований

Базовый уровень нормируемого удельного годового расхода энергии — это минимально допустимый нормируемый уровень удельного годового расхода энергии в здании для расчетных условий микроклимата здания. Базовые уровни удельного годового расхода энергетических ресурсов в многоквартирном доме включают в себя суммарный удельный годовой расход тепловой энергии на отопление, вентиляцию, горячее водоснабжение, а также на общедомовые нужды.

В современной архитектуре оконные и дверные проемы занимают 50–70% площади фасадов. При этом повышение энергетической эффективности ограждающих конструкций по полю стены, т. е. глухих участков, без контроля строительного-монтажных работ по утеплению монтажных швов оконных блоков и оконных откосов не приведет к положительным результатам.

Оконные откосы, наряду с монтажными швами, являются одной из самых теплопроводных краевых зон ограждающих конструкций здания [3]. По сравнению с наружными углами здания, стыками между стенами и перекрытиями оконные откосы отличаются наибольшим изменением температуры по отношению к внутренней поверхности стены [4].

В публикациях [4–6] отмечается необходимость включения оконных откосов в расчет при определении приведенного сопротивления теплопередаче, приводятся наиболее значимые факторы, влияющие на дополнительную мощность теплового потока через узел оконного откоса.

На рисунке 1 представлен узел примыкания оконного блока к верхнему откосу. Оконный профиль частично защищен термовкладышем из минеральной ваты, что незначительно снижает теплопотери через зону примыкания оконного блока и проема в конструкции стены. Наружные стены выполнены с применением навесной фасадной системы с облицовкой из керамогранита. Для устройства внутреннего откоса применяется гипсовая штукатурка.

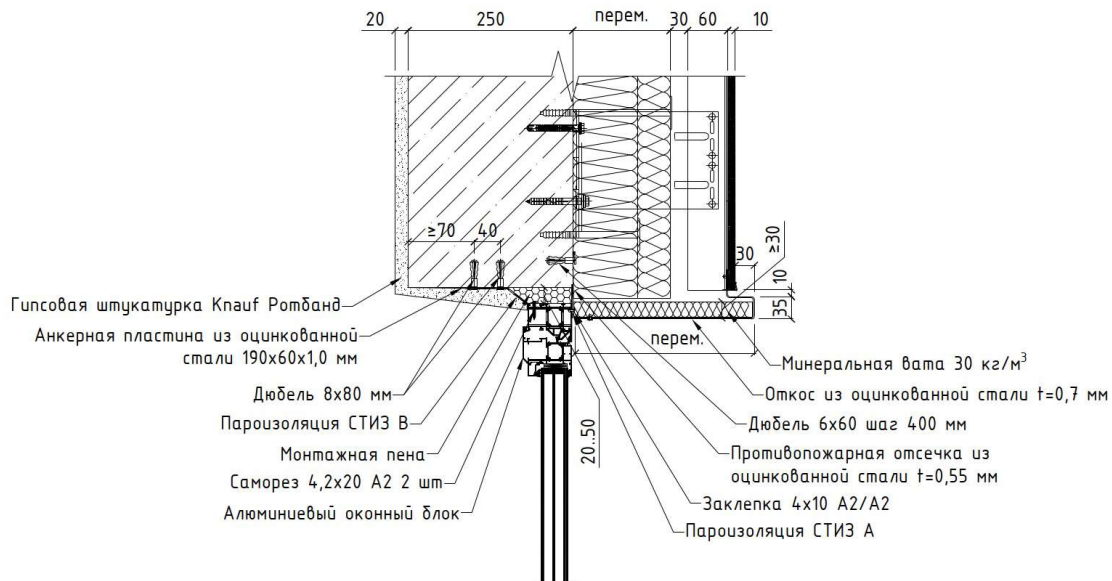


Рисунок 1. Узел примыкания оконного блока к верхнему откосу

### Тепловизионная съемка фасадов при научно-техническом сопровождении

В процессе проведения научно-технического сопровождения строительного-монтажных работ при возведении ограждающих конструкций на строительных объектах Москвы и Самары специалистами ЦНИИСК им. В.А. Кучеренко получены результаты измерений теплопотерь, которые свидетельствуют о наличии температурных аномалий.

Здания жилого комплекса с подземной автостоянкой имеют сложную конфигурацию в плане (параллелепипед, Г-образная, П-образная) и переменную этажность (20–30 этажей). Работы по научно-техническому сопровождению строительства проводились в период с января по март 2023 года с применением следующих приборов: тепловизора SATS-280, гигро-термометра СЕМ ДТ-32, пирометра Testo 830-T2, фотоаппарата Canon IXUS 177.

По результатам проведенных работ установлено следующее: на наружные стены зданий приходится около 30% потерь энергии, на остекление – около 25%, на потолок последнего и пол первого этажа – около 5%, оставшиеся 40% представляют собой потери тепловой энергии на нагрев внешнего воздуха в объеме, требуемом для вентиляции в соответствии с действующими нормативными документами.

Результаты выборочной тепловизионной съемки фасадов здания приведены на рисунках 2–4. В ходе съемки проводилось обзорное термографирование поверхности фасадов и внутрен-

них поверхностей ограждающих конструкций. Метод основан на дистанционном измерении тепловизором полей температур поверхностей ограждающих конструкций. Тепловизионная съемка фасадов выполнялась при стабильной температуре воздуха внутри помещений от +20 до +23°C. Съемка фасадов здания осуществлялась снаружи и изнутри здания при отсутствии воздействия прямого и отраженного солнечного облучения, при отсутствии атмосферных осадков, при температуре наружного воздуха в диапазоне от -10°C до -11°C.

Работы проводились с целью получения данных о состоянии ограждающих конструкций здания, выявления возможных скрытых конструктивных, технологических, теплоизоляционных и строительно-монтажных дефектов и прочих тепловых аномалий. По рисунку 2 видно, что поверхность стены имеет температуру около 18,3°C, в то время как оконные откосы имеют более низкую температуру: в месте дефектных участков монтажных швов в районе 9,5...12,5°C, на остальных участках 15,0...17,5°C. По рисункам 3-а и 3-б видно, что оконные откосы являются наиболее теплопроводными участками фасада здания и имеют температуру в пределах -2,5...-5,0°C. Представленные результаты свидетельствует о том, что наибольшие тепловые потери происходят через монтажные швы.

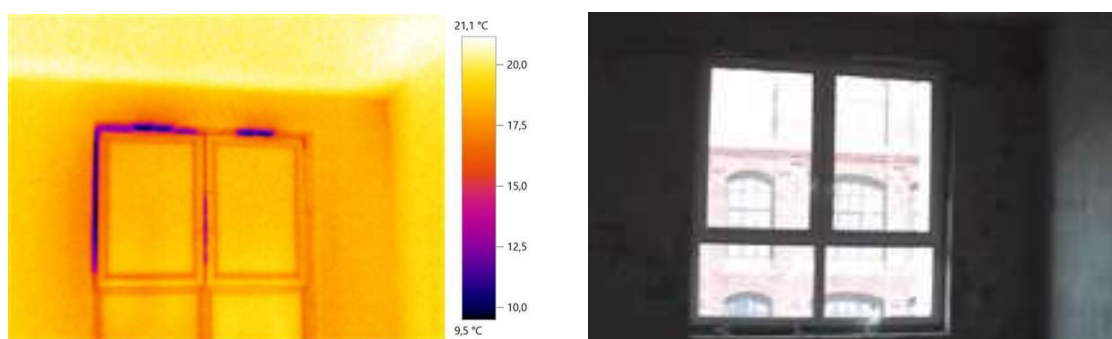


Рисунок 2. Результаты тепловизионного обследования в месте примыкания окна к стене (изнутри)

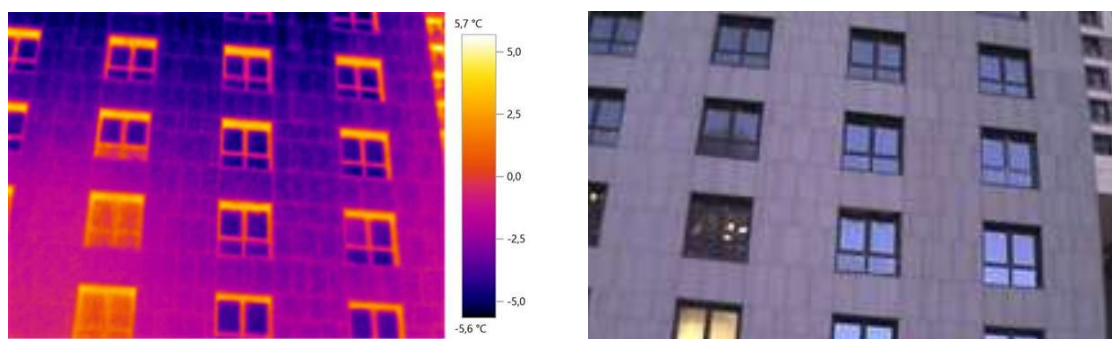


Рисунок 3-а. Результаты тепловизионного обследования части фасада здания (снаружи)

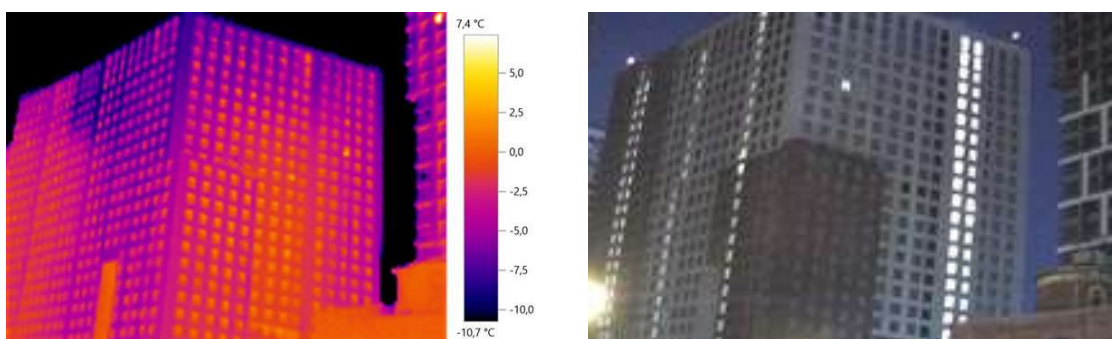


Рисунок 3-б. Результаты тепловизионного обследования фасадов здания



На термограмме (рис. 4) нормальная температура внутреннего воздуха составляет 18,0°C, фактическая температура внутреннего воздуха равна 17,7°C. Из термограммы видно, что в основном поверхность стены имеет температуру 14,0°C. Данные температуры удовлетворяют требованию о нормируемом температурном перепаде ( $\Delta t'' \leq 4,0^\circ\text{C}$ ). Самая холодная точка CS1 имеет температуру 11,7°C (расположена в правом верхнем углу комнаты), самая теплая точка HS1 имеет температуру 14,7°C.

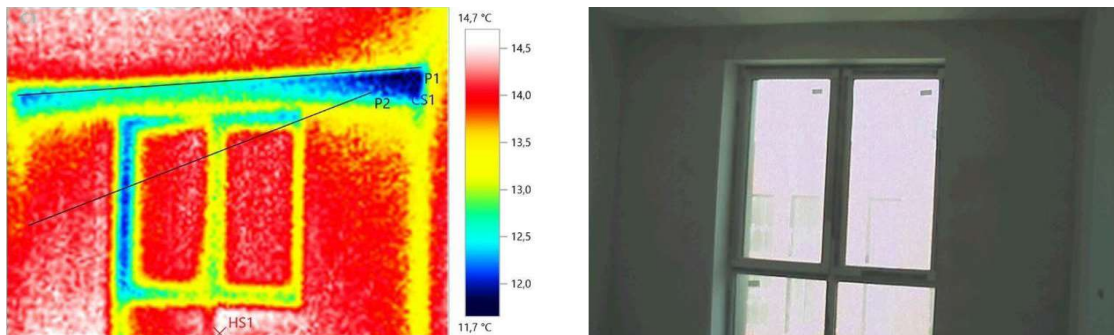


Рисунок 4. Термограмма и фотография изнутри помещения (корпус 6, этаж 30)

Термопрофилограмма по линиям P1 и P2 (рис. 5) показывает следующее: по температурному профилю P1 самая холодная точка равна 12,2°C, самая теплая точка равна 12,9°C; по температурному профилю P2 самая холодная точка равна 12,2°C, самая теплая точка равна 14,3°C. Из полученных значений, приведенных в термопрофилограмме, видно, что наиболее холодными участками являются боковой оконный откос (слева) и место стыка несущих конструкций (стены и вышележащего перекрытия). Промерзание оконного откоса связано с некачественным монтажом оконного блока (имеет недостаточное утепление оконного блока в зоне примыкания его к стене слева и перекося блока в правую сторону), а также с некачественным монтажом фасадной системы.

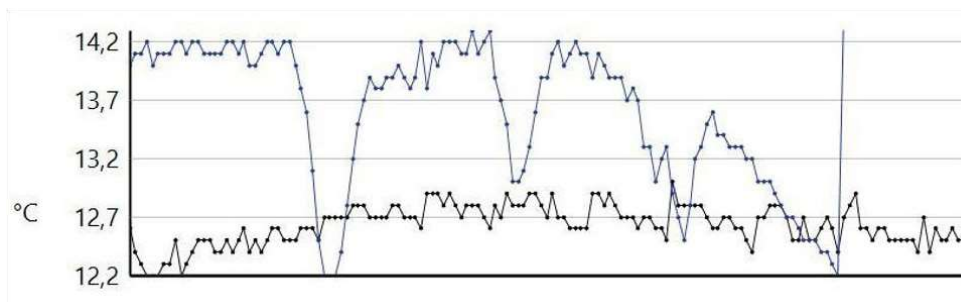


Рисунок 5. Термопрофилограмма по линиям P1 и P2 (корпус 6, этаж 30)

Основная задача, решаемая при проведении научно-технического сопровождения строительства – это повышение качества строительного-монтажных работ, снятие сложных технологических вопросов совершенствованием технических решений, в том числе с точки зрения энергоэффективности.

#### Теплотехнический расчет

При проведении теплотехнических расчетов влияние краевых зон ограждающих конструкций на теплозащитные свойства и энергоэффективность зданий, как правило, не учитывается. Корниенко С.В. разработал метод расчета температурно-влажностного режима в трехмерных областях наружных ограждений [6], который позволяет учесть это влияние. В наружной стене выделяются следующие краевые зоны: углы, сопряжения наружной стены с внутренними стенами и междуэтажными перекрытиями, оконные откосы, теплопроводные включения. Метод расчета, приведенный в [6], позволяет рассчитать общие теплопотери ограждения с учетом краевых зон и оценить вклад каждой краевой зоны в общие теплопотери.

Значительная часть зданий, построенных ранее 2018 года, не отвечает требованиям современных норм по теплозащите [2]. Повышения уровня теплозащиты можно достичь при использовании эффективных теплоизоляционных материалов с низким коэффициентом теплопроводности, таких как минеральная вата, пеностекло и прочие. Данный метод повышения энергоэффективности (теплоизоляция ограждающих конструкций эффективными утеплителями) может применяться как в отношении строящихся зданий, так и в отношении уже построенных, тепловая защита которых не соответствует современным требованиям.

Распределение температуры в оконном блоке устроено так, что по периметру стекло «остывает» сильнее, чем в центре оконного блока. Это существенно увеличивает потери тепла через окна. Утепление монтажных швов является универсальным методом и может применяться как в рамках нового строительства, так и в процессе модернизации уже существующего жилищного фонда.

Тепловая модернизация зданий является одним из способов повышения теплоизоляции здания до современных нормативных требований по термическому сопротивлению, что, в свою очередь, способствует повышению качества жизни населения, позволяет обеспечить комфортность жилья и оптимальные параметры микроклимата помещений.

Утепление оконного откоса изнутри здания негативно сказывается на оконной коробке — утеплитель препятствует прогреванию оконного профиля тёплым воздухом, идущим изнутри помещения [3].

Утепление оконного откоса снаружи здания осуществляется за счёт утеплителя стены и термовкладыша, обеспечивающего противопожарный разрыв. Данное конструктивное решение можно увидеть на примере типового узла примыкания оконного блока к проему в стене, представленного на рисунке 1.

Ниже представлен сравнительный расчет узла примыкания оконного блока в зоне монтажного шва на рассматриваемом объекте. Стена выполнена из монолитного железобетона, толщина стены 250 мм, оконный профиль — из алюминиевого сплава. Расчет узла выполнен для трех видов утеплителя.

Исходные данные для расчета представлены в таблице 1.

Таблица 1. Исходные данные для расчета

Наименование показателей	Условные обозначения	Единицы измерения	Данные
Район строительства	-	-	г. Самара
Тип помещения	-	-	жилое
Температура внутреннего воздуха	$t_a$	°С	20 [7]
Относительная влажность внутреннего воздуха	$\varphi_a$	%	55 [7]
Продолжительность отопительного периода	$z_{от}$	сут.	196 [8]
Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{от}$	°С	-4,7 [8]
Температура наружного воздуха наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92	$t_n$	°С	-27 [8]
Зона влажности района строительства	-	-	сухая [7]
Условия эксплуатации ограждающей конструкции	-	-	A [8]
Коэффициенты теплоотдачи соответственно внутренней поверхности: для стены для окна для наружной поверхности	$\alpha_{в\ стeны}$ $\alpha_{в\ oкнa}$ $\alpha_n$	Вт/(м <sup>2</sup> ·°С)	8,7 8,0 23,0

В качестве утеплителя при расчетах приняты следующие материалы: каменная вата ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ (производства ТЕХНОНИКОЛЬ), утеплитель LOGICPIR Ф/Ф на основе вспененного полиуретана (производства ТЕХНОНИКОЛЬ) и пеностекло ЭТИЗ СТРОНГ (про-

изводства ETIZ).

Данные материалы имеют низкий коэффициент теплопроводности, широко распространены на рынке и имеют разную природу происхождения.

Каменная вата ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ – негорючие, гидрофобизированные тепло-, звукоизоляционные плиты из минеральной ваты на основе горных пород базальтовой группы на низкофенольном связующем.

Теплоизоляционный материал на основе PIR относится к классу полимеров-реактопластов с газонаполненной закрытой ячеистой структурой, содержащей перманентный газ, отвечающий за пониженную теплопроводность.

Пеностекло ЭТИЗ выполнено по технологии вспенивания жидкого силикатного стекла и выпускается в двух модификациях. В серии СТРОНГ представлены плиты большей плотности. При плотности 180 кг/м<sup>3</sup> пеностекло ЭТИЗ СТРОНГ отлично выводит пар.

В таблице 2 приведены физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов, принятые в расчетах, выполненных в соответствии с требованиями действующих нормативных документов [7,8].

Таблица 2. Физико-механические характеристики теплоизоляционных материалов

Наименование материала	Толщина, $\delta$ м	Теплопроводность $\lambda$ , Вт/(м·°С)
Каменная вата ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ	0,15	0,038
Утеплитель на основе вспененного полиуретана LOGICPIR Ф/Ф	0,10	0,023
Пеностекло ЭТИЗ СТРОНГ	0,17	0,045

Моделирование узлов осуществлялось в программном комплексе «ELCUT», который применяется для моделирования двумерных полей методом конечных элементов. На рисунке 6 представлены расчетные модели оконных узлов с разными типами утепления (каменная вата, вспененный полиуретан, пеностекло) [9-11].

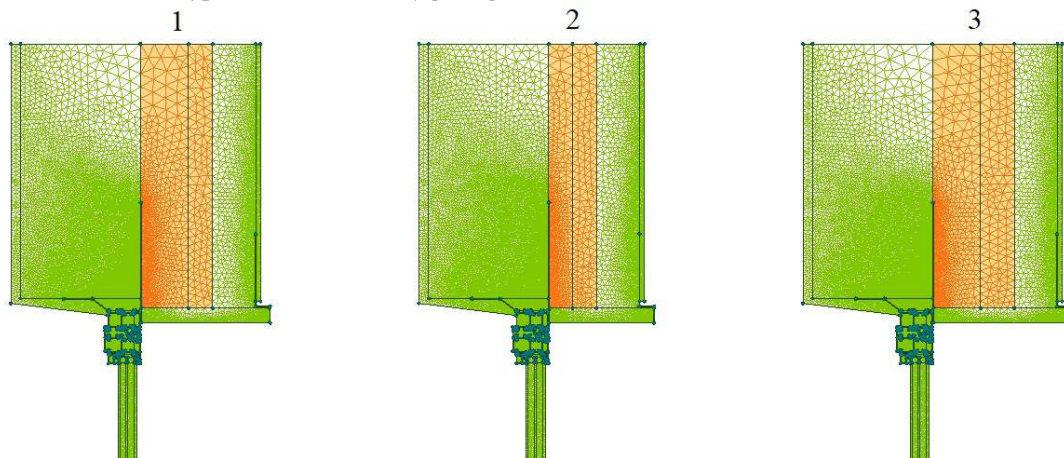
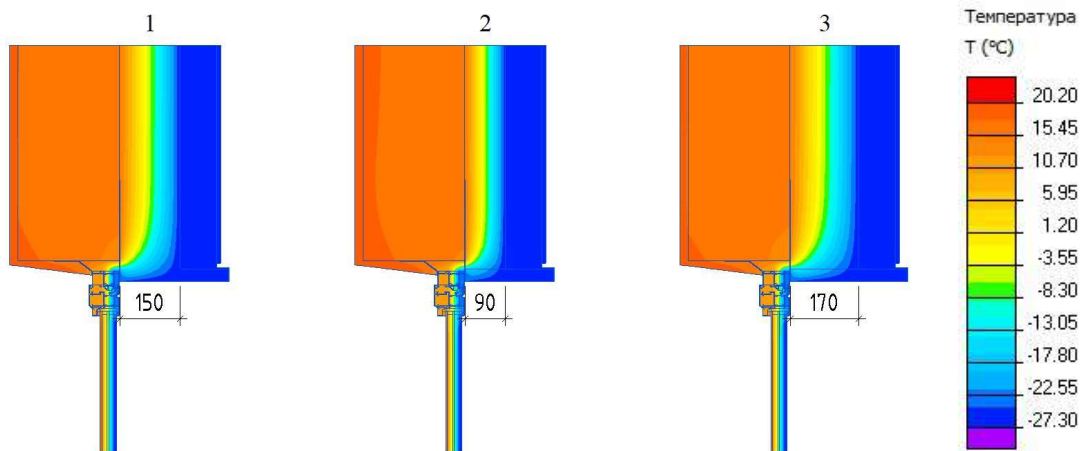


Рисунок 6. Расчетная модель оконного узла в программном комплексе «ELCUT» с разбиением модели на сетку конечных элементов: 1 – каменная вата; 2 – вспененный полиуретан; 3 – пеностекло

Результаты расчета модели приведены на рисунке 7, цветом указано распределение температуры в конструкциях.

Согласно результатам расчета конструкция, утепленная материалом на основе вспененного полиуретана (2), обеспечивает большее прогревание стены из монолитного железобетона (в среднем около 17,0°С), утеплитель из каменной ваты (1) обеспечивает температуру конструкции 16,1°С, в то время как утеплитель из пеностекла (3) обеспечивает температуру 15,9°С. Область оконного откоса является более прогретой, чем сама конструкция. Температура откоса равна

19,4°С. Часть оконного профиля, обращённая в сторону комнаты, сохраняет температуру около 10,7°С. Значения теплотер, рассчитанные программой, представлены в таблице 3. Величина теплового потока определена по отдельности для каждого рассматриваемого элемента – для участка стены и оконного откоса.



**Рисунок 7.** Распределение температуры в конструкции (результат расчета в программном комплексе «ELCUT»): 1 – каменная вата; 2 – вспененный полиуретан; 3 – пеностекло. Справа представлена шкала температур

**Таблица 3.** Результаты расчета в программном комплексе «ELCUT»

Наименование показателя	Утеплитель		
	№1	№2	№3
Мощность теплового потока, проходящего через 1 п.м участка стены в зоне оконного проема, $Q_{ст}$ , Вт/м	6,616 (1,11)	5,967 (1)	6,920 (1,16)
Мощность теплового потока, проходящего через откос, $Q_{отк}$ , Вт/м	3,445 (1,07)	3,209 (1)	3,553 (1,11)
Тепловой поток через однородную конструкцию тех же размеров, $Q_{одн}$ , Вт/м	4,942 (1,23)	4,009 (1)	5,363 (1,34)

Наименьшие потери тепла обеспечивает вспененный полиуретан, наибольшие – пеностекло. Величина потерь тепла при применении каменной ваты занимает промежуточное значение. При утеплении конструкции каменной ватой мощность теплового потока больше, чем при утеплении вспененным полиуретаном: в зоне оконного проема – в 1,11 раза; в зоне откоса – в 1,07 раза; через однородную конструкцию в целом – в 1,23 раза. При утеплении конструкции пеностеклом мощность теплового потока больше, чем при утеплении вспененным полиуретаном: в зоне оконного проема – в 1,16 раза; в зоне откоса – в 1,11 раза; через однородную конструкцию в целом – в 1,34 раза (соотношения показаны в таблице 3 в скобках).

Выполнена оценка экономической целесообразности применения выбранных утеплителей на основе стоимости 1 м<sup>2</sup> материала. Сравнение стоимости рассматриваемых материалов представлено в таблице 4.

## Уважаемые читатели!

Индекс подписки 18317 в электронном подписном каталоге УРАЛ-ПРЕСС на сайте

[www.ural-press.ru](http://www.ural-press.ru).

В редакции можно купить любой номер журнала или его электронную версию

([stroytex@list.ru](mailto:stroytex@list.ru)).



Таблица 4. Сравнение стоимости рассматриваемых теплоизоляционных материалов

Наименование материала	Стоимость 1 м <sup>3</sup> , руб.	Объем участка площадью 1 м <sup>2</sup> и толщиной $\delta$ , 1×1× $\delta$ м <sup>3</sup> .	Стоимость участка 1×1× $\delta$ м <sup>3</sup> , руб.
Каменная вата ТЕХНОВЕНТ СТАНДАРТ ( $\delta = 0,15$ м)	8236,36	0,15	1235,46 (1)
Утеплитель на основе вспененного полиуретана LOGICPIR Ф/Ф ( $\delta = 0,10$ м)	21827,78	0,10	2182,78 (1,77)
Пеностекло ЭТИЗ СТРОНГ ( $\delta = 0,17$ м)	19402,78	0,17	3298,47 (2,67)

Наиболее рациональным утеплителем с экономической точки зрения является каменная вата. Далее следует утеплитель на основе вспененного полиуретана (1 м<sup>2</sup> утеплителя на основе вспененного полиуретана в 1,77 раза дороже 1 м<sup>2</sup> каменной ваты). При этом самой высокой оказалась стоимость 1 м<sup>2</sup> пеностекла (1 м<sup>2</sup> пеностекла в 2,67 раза дороже 1 м<sup>2</sup> каменной ваты и в 1,51 раза дороже 1 м<sup>2</sup> утеплителя на основе вспененного полиуретана). Данные зависимости представлены на графике (рис. 8).

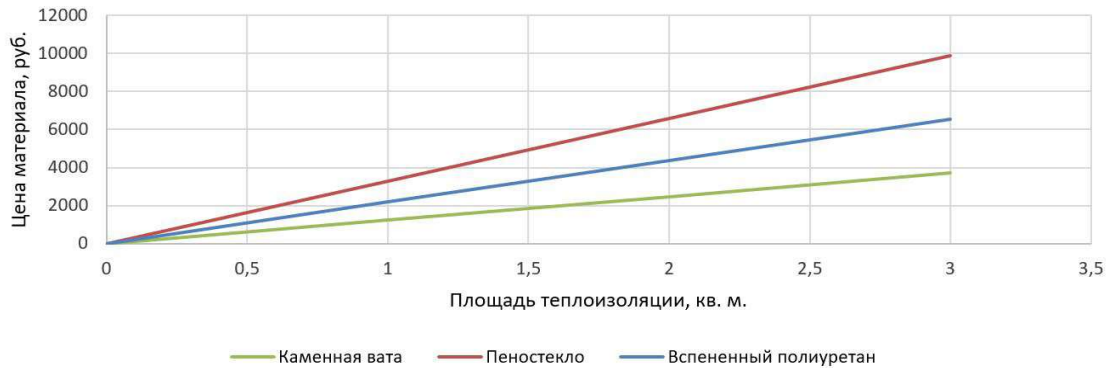


Рисунок 8. График соотношения стоимости рассматриваемых теплоизоляционных материалов

Для сравнения теплопотерь при увеличенном перекрытии оконного профиля произведем перерасчет конструкции с утеплителем из каменной ваты (рис. 1). На рисунке 9 представлены следующие конструктивные решения: под А изображен стандартный узел оконного откоса, нахлест утеплителя на оконный профиль составляет 25 мм; под Б нахлест утеплителя на оконный профиль увеличен в 2 раза и составляет 50 мм; под В нахлест утеплителя на оконный профиль увеличен в 3 раза и составляет 75 мм.

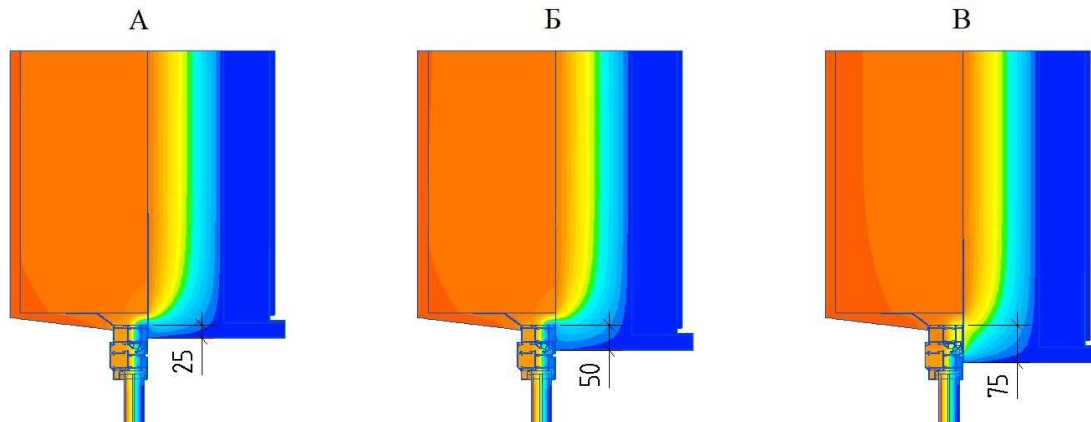


Рисунок 9. Распределение температуры в конструкции, утепленной каменной ватой: А — стандартный узел; Б — нахлест утеплителя на оконный профиль увеличен в 2 раза; В — нахлест утеплителя на оконный профиль увеличен в 3 раза



Полученные в результате расчета значения теплотерь приведены в таблице 5. При увеличении нахлеста утеплителя на оконный профиль в 2 раза мощность теплового потока меньше, чем при стандартном конструктивном решении: в зоне оконного проема – в 0,98 раза; в зоне откоса – в 0,97 раза; через однородную конструкцию в целом – в 0,97 раза. При увеличении нахлеста утеплителя на оконный профиль в 3 раза мощность теплового потока меньше, чем при стандартном конструктивном решении: в зоне оконного проема – в 0,85 раза; в зоне откоса – в 0,73 раза; через однородную конструкцию в целом – в 0,93 раза.

Таблица 5. Результаты расчета при увеличении нахлеста утеплителя на оконный профиль

Наименование показателя	Утеплитель		
	А	Б	В
Мощность теплового потока, проходящего через 1 п.м участка стены в зоне оконного проема, $Q_{ст}$ , Вт/м	6,616 (1)	6,501 (0,98)	5,608 (0,85)
Мощность теплового потока, проходящего через откос, $Q_{отк}$ , Вт/м	3,445 (1)	3,358 (0,97)	2,503 (0,73)
Тепловой поток через однородную конструкцию тех же размеров, $Q_{уст}$ , Вт/м	4,942 (1)	4,802 (0,97)	4,610 (0,93)

Приведенные выше данные показывают следующее: чем больше утеплитель перекрывает оконный профиль, тем меньше теплотери через оконный откос и ограждающую конструкцию в целом, что свидетельствует об эффективности увеличения нахлеста утеплителя на оконный профиль в целях уменьшения теплотерь через краевые зоны окна.

При проектировании необходимо особое внимание уделять требованиям по устройству монтажных швов и откосов, контролировать строительно-монтажные работы и увеличивать нахлест откосов из эффективного утеплителя на профиль оконного блока.

#### Заключение

Проведена оценка влияния утепления оконных откосов различными видами утеплителя на примере объектов в г. Москве и Самаре. По результатам проведенных работ необходимо отметить следующее.

Каменная вата является наиболее оптимальным решением для утепления фасадов здания и оконных откосов, имеет относительно низкую теплопроводность, является наиболее универсальным теплоизоляционным материалом, применяется как для утепления ограждающих конструкций, так и для устройства термовкладышей, обеспечивающих противопожарный разрыв.

В ходе проведенных исследований по результатам выполненных расчетов и обследований конструкций выявлено, что теплотери через узел оконного откоса оказывают значительное влияние на теплопроводность ограждающих конструкций здания и энергоэффективность здания в целом.

При разработке узлов сопряжения фасадных систем с узлами оконного откоса для минимизации возможных теплотерь необходимо предусматривать увеличение нахлеста слоя эффективной теплоизоляции на профиль оконного блока.

#### Список литературы

1. Ливчак В.И. Европейская тенденция повышения теплозащиты зданий: как она реализована в России // АВОК. – 2011. – № 6. – С. 64-72.
2. Об утверждении требований энергетической эффективности зданий, строений, сооружений: Приказ Министерства строительства Российской Федерации от 17.11.2017 № 1550 // Официальный интернет-портал правовой информации [www.pravo.gov.ru](http://www.pravo.gov.ru), 26.03.2018, N 0001201803260032.
3. Рыбаков М.М. Факторы, влияющие на теплопередачу через узел оконного откоса // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». – 2016. – Том 8. – №2. – URL: <http://naukovedenie.ru/PDF/55TVN216.pdf> (доступ свободный). – Текст: электронный.
4. Самарин О.Д. О температуре на внутренней поверхности оконных откосов и их теплотехнической безопасности // Светопрозрачные конструкции. – 2007. – №3. – С. 14-17.

5. Рыбаков М.М. Оценка влияния факторов устройства светопрозрачных конструкций на теплозащитные свойства гражданских зданий // Научный поиск: материалы седьмой научной конференции аспирантов и докторантов. Технические науки. — Челябинск: Издательский центр ЮУрГУ, 2015. — С. 108-115.
6. Корниенко С.В. Температурный режим оконных откосов // Светопрозрачные конструкции. — 2007. — №6. — С. 10-11.
7. СП 50.13330.2012 Тепловая защита зданий: актуализир. ред. СНиП 23-02-2003: дата введения 2013-07-01. — Москва: Минрегион России, 2012. — 100 с.
8. СП 131.13330.2020 Строительная климатология: актуализир. ред. СНиП 23-01-99: дата введения 2021-06-25. — Москва: Стандартинформ, 2021. — 114 с.
9. С. Д. Дубицкий. ELCUT 5.1 — платформа разработки приложений анализа полей // Exponenta Pro. Математика в приложениях. — 2004. — № 1(5).
10. ELCUT. Моделирование двумерных полей методом конечных элементов. Версия 5.1. Руководство пользователя. — СПб.: Производственный кооператив ТОР, 2003. — 249 с.
11. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. — Москва, Стройиздат, 1973 г.

## STUDY OF HEAT LOSS THROUGH A WINDOW SLOPE

M.O. Pavlova<sup>1</sup>, V.A. Zaharov<sup>1</sup>, A.M. Kvardakova<sup>2</sup>, <sup>1</sup>Research Institute of Building Constructions (TSNIISK) named after V.A. Koucherenko, JSC Research Center of Construction, <sup>2</sup>Moscow State University of Civil Engineering (National Research University); e-mail: kvardakova.nastja@gmail.com

**Abstract.** An assessment of the energy efficiency requirements of the designed and already constructed buildings has been made. The analysis of the thermal heterogeneity of the structures of the external walls of the erected buildings is carried out. The importance of edge zones in the calculation of heat losses through enclosing structures is determined. The results of calculations of heat loss through the window slope node for a window with an aluminum profile are presented. Among the three considered insulation materials, the best option was chosen in terms of thermal protection efficiency, cost and technical characteristics in general. The main problem considered in the article is the underestimation of the influence of the edge zones of windows on the overall level of heat loss through the enclosing structures of the building.

**Keywords:** energy efficiency, thermal protection of buildings, enclosing structures, heat loss, window slope

## References

1. Livchak V.I. The European tendency to increase the thermal protection of buildings: how it is implemented in Russia. AVOK. 2011, no. 6, pp. 64-71 (in Russian).
2. Requirements for the Energy Efficiency of Buildings and Structures. Ministerial Order No. 1550/pr of 2017. Moscow, 2017 (in Russian).
3. Rybakov M.M. Factors affecting the heat transfer through the window jamb unit. Internet-magazine "Naukovedenie". 2016, vol. 8, no. 2. URL: [http://naukovedenie.ru/PDF/55\\_TVN216.pdf](http://naukovedenie.ru/PDF/55_TVN216.pdf) (open access) (in Russian).
4. Samarin O.D. About a temperature on inner surface of windows jambs and their thermotechnical safety. Translucent construction. 2007, no. 3, pp. 14-17 (in Russian).
5. Rybakov M.M. Assessment of the influence of factors of the device of translucent structures on the heat-protective properties of civil buildings. Scientific search: materials of the seventh scientific conference of graduate students and doctoral students. Technical sciences. Chelyabinsk: SUSU Publishing Center. 2015, pp. 108-115 (in Russian).
6. Kornienko S.V. Temperature regime of window slopes. Translucent constructions. 2007, no. 6, pp. 10-11 (in Russian).
7. SP 50.13330.2012 "Thermal performance of the buildings". The updated edition SNIP 23-02-2003, Moscow, 2012, 100 p. (in Russian).
8. SP 131.13330.2020 "Building climatology". The updated edition SNIP 23-01-99, Moscow, 2021, 114 p. (in Russian).
9. Dubitsky S. D. Elcut 5.1 — an Universal Software Platform for Developing FEA Application. Exponenta Pro. 2004, no. 1 (in Russian).
10. ELCUT. Modeling of two-dimensional fields by the finite element method. Version 5.1. User Manual. — St. Petersburg: Production cooperative TOR. 2003, 249 p. (in Russian).
11. Fokin K.F. Construction heat engineering of enclosing parts of buildings. Moscow, Stroyizdat. 1973 (in Russian).

**Для цитирования:** Павлова М.О., Захаров В.А., Квардакова А.М. Исследование теплопотерь через узел оконного откоса // Строительная механика и расчет сооружений. 2023. № 3. С. 36-45.  
DOI: 10.37538/0039-2383.2023.3.36.45

**For citation:** Pavlova M.O., Zaharov V.A., Kvardakova A.M. Study of heat loss through a window slope. Structural Mechanics and Analysis of Constructions. 2023. no. 3. pp. 36-45. (In Russian).  
DOI: 10.37538/0039-2383.2023.3.36.45