

ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

HEATING, VENTILATION, AIR CONDITIONING (HVAC), LIGHTING SYSTEMS AND GAS NETWORKS

Вестник Томского государственного
архитектурно-строительного университета.
2026. Т. 28. № 3. С. 214–227.

ISSN 1607-1859 (для печатной версии)
ISSN 2310-0044 (для электронной версии)

Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo
arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta –
Journal of Construction and Architecture.
2026; 28 (3): 214–227.
Print ISSN 1607-1859
Online ISSN 2310-0044

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ

УДК 699.86

<https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-214-227>



EDN: ZIYNKF

ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНЫЕ РЕШЕНИЯ ДВУМЕРНЫХ ПАРАПЕТНЫХ УЗЛОВ ЖИЛЫХ МОНОЛИТНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ЗДАНИЙ

Ольга Евгениевна Белоус

*Донской государственный технический университет,
г. Ростов-на-Дону, Россия*

Аннотация. *Актуальность.* Повышение энергоэффективности зданий тесно связано с уменьшением теплопотерь через строительные конструкции, особенно в зонах расположения теплопроводящих включений. Даже несмотря на отсутствие швов в зданиях из монолитного железобетона, формирование зон «мостиков холода» наблюдается в таких областях, как окна, двери, углы стыков стен, балконные выступы и места соединения парапетов с крышей. Исследование посвящено сравнению различных вариантов устройства парапетных узлов с точки зрения их энергосберегающей способности.

Цель работы – изучение теплотехнических характеристик различных конструктивных решений парапетных узлов из монолитного бетона в условиях постоянного теплового режима и выяснение целесообразности проведения расчетов при переменном тепловом потоке.

Результаты. Для достижения поставленной цели были разработаны расчетные модели разных типов парапетных узлов в программе Solidworks, позволившие определить температуру внутренних поверхностей стен при различных вариантах исполнения узлов. Полученные результаты позволили сформулировать рекомендации относительно оптимального способа теплоизоляции парапетных узлов монолитных железобетонных зданий, выявив эффективные методы снижения тепловых потерь.

Ключевые слова: теплопроводные включения, нестационарный режим, монолитное домостроение, температурное поле, энергоэффективность, ограждающие конструкции

Для цитирования: Белоус, О.Е. Энергоэффективные решения двумерных парапетных узлов жилых монолитных железобетонных зданий // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2026. Т. 28. № 3. С. 214–227. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-214-227>. EDN: ZIYNKF

ORIGINAL ARTICLE

ENERGY-EFFICIENCY OF TWO-DIMENSIONAL PARAPET UNITS IN CAST-IN-PLACE CONCRETE BUILDINGS

Olga E. Belous

Don State Technical University, Rostov-on-Don, Russia

Abstract. The energy efficiency improvement of buildings is closely linked to the heat loss reduction via thermally conductive elements. Even in the absence of joints in cast-in-place concrete buildings, the formation of thermal bridges is observed in windows, doors, wall corners, balcony projections, and junctions between parapets and roof. This work compares various design of parapet units in terms of their energy-saving potential.

Purpose: The investigation of thermal properties of different cast-in-place parapet units in steady temperature conditions and determination of calculation feasibility in a variable heat flux.

Research findings: Different computational models of parapet units are developed in SolidWorks allowing the temperature of the inner wall surfaces to be determined for various joint designs.

Practical implications: The obtained results allow formulating recommendations on the best heat insulation of parapet units in cast-in-place concrete buildings, identifying effective methods for the heat loss reduction.

Keywords: heat-conducting inclusions, unsteady temperature condition, site-cast concrete building, temperature field, energy efficiency, enclosing structures

For citation: Belous, O.E. Energy-Efficiency of Two-Dimensional Parapet Units in Cast-in-Place Concrete Buildings. Vestnik Tomskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta – Journal of Construction and Architecture. 2026; 28(3): 214–227. <https://doi.org/10.31675/1607-1859-2026-28-3-214-227>. EDN: ZIYNKF

Введение

Популярность монолитного домостроения в России объясняется его широкими возможностями в высотном строительстве: эта технология отличается гибкостью, экономичностью и способностью воплощать самые нестандартные проектные идеи. Монолитные здания превосходят панельные аналоги по устойчивости к природным катаклизмам и техногенным факторам, что, в свою очередь, обеспечивает их устойчивость и долговечность [1]. Отсутствие швов в монолитных домах повышает защиту от шума и теплопотерь, а применение современных утеплителей улучшает эксплуатационные характеристики зимой и уменьшает толщину несущих стен и перекрытий, снижая нагрузку на фундамент.

Одним из ключевых путей повышения энергоэффективности зданий является снижение теплопотерь, возникающих вследствие теплопроводных включений и неоднородности конструкции [2]. Теплопроводящие элементы увеличи-

вают потери тепла, способствуют возникновению конденсата и плесени, в результате чего ухудшаются параметры микроклимата помещений, оказывая при этом негативное воздействие на здоровье жителей [3, 4].

Чтобы обеспечить комфортные условия проживания, важно соблюдать требования к температуре внутренней поверхности ограждающих конструкций согласно строительным нормам СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий»¹, где установлены минимально допустимые значения температуры внутреннего воздуха и температуры на внутренней поверхности конструкции для жилых помещений. Однако большинство инженерных расчетов проводится исходя из предположения стационарного теплового режима, хотя в реальности внешние оболочки зданий подвергаются воздействию переменного температурного поля.

Основная цель исследования заключается в изучении теплотехнических свойств различных конструкций парапетных узлов монолитных зданий при стационарных условиях и определении необходимости учета нестационарных режимов теплового потока при проведении инженерно-технических расчетов.

Методика исследования и теоретические подходы

Снижение теплопотерь и возможность избежать образования «мостиков холода» на стадии возведения монолитного здания – сложная задача. Наибольшие теплопотери возникают в самых уязвимых местах ограждающих конструкций: узлы оконных и дверных проемов, угловые стыки стен, места примыкания парапета и плоской кровли, балконы, выступающие плиты и т. д.

Одним из наиболее уязвимых мест сопряжения конструкций считается узел примыкания кровли к парапету. Помимо того, что парапет является серьезным «мостиком холода», при ошибках на стадии проектирования и некачественно выполненных монтажных работах именно в этой зоне наиболее часто возникают протечки. В основном проектировщиками предусмотрено утепление парапета только с наружной стороны ограждающей конструкции.

Так, на примере многоэтажного панельного здания для устранения «мостиков холода» были предложены технические решения узла сопряжения стеновых и парапетных панелей с применением угловых термовкладышей в плите перекрытия, а также с устройством перфорации и термовкладышей в парапетную панель [5].

В работе Д.Г. Портнягина [6] рассмотрены вопросы утепления узлов примыкания кровли к парапету. Представлены решения по замене верхнего ряда забутовки выше уровня покрытия на теплоизоляционный кирпич пеностеклокристаллического материала (ПСКМ). Согласно данным исследования, температура поверхности угла помещения увеличивается до 14,26 °С, а теплопотери по наружному контуру снижаются на 20,91 %.

Повышение теплоизолирующих свойств конструкций из бетона [7], а также из железобетона путем заполнения пустот теплоизоляционным материалом (пенополистиролом) представлено в работе Р. Ингели [8]. Для проверки данных, полученных экспериментальным путем, авторами проведено числен-

¹ СП 50.13330.2024. Тепловая защита зданий: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 15 мая 2024 г. № 327/пр и введен в действие с 16 июня 2024 г. 74 с.

ное моделирование бетонных конструкций кровли. Установлено, что эквивалентная теплопроводность конструкций с заполнением пустот пенополистиролом в зависимости от толщины плиты снижается до 47 % по сравнению с конструкциями без теплоизоляционного материала в пустотах. Исследования Нгуен Ху Куонга [9] посвящены изучению структурной характеристики и численному анализу «тепловых мостов» в парапетных узлах жилых зданий; изучена возможность использования цементно-стружечных плит, армированных целлюлозным волокном, при устройстве «тепловых мостиков» между стеной и парапетом, а также выполнена оценка несущей способности в местах сопряжения стены и парапета.

Для оценки теплотехнического состояния узла примыкания покрытия плоской кровли к парапету были рассмотрены два варианта утепления наружной ограждающей конструкции, которая выполнена из монолитного железобетона толщиной 300 мм, плита покрытия железобетонная, толщиной 200 мм.

1. Конструкция узла примыкания плоской кровли к парапету с устройством дополнительной вертикальной теплоизоляции на внутренней стороне наружной ограждающей конструкции (рис. 1).

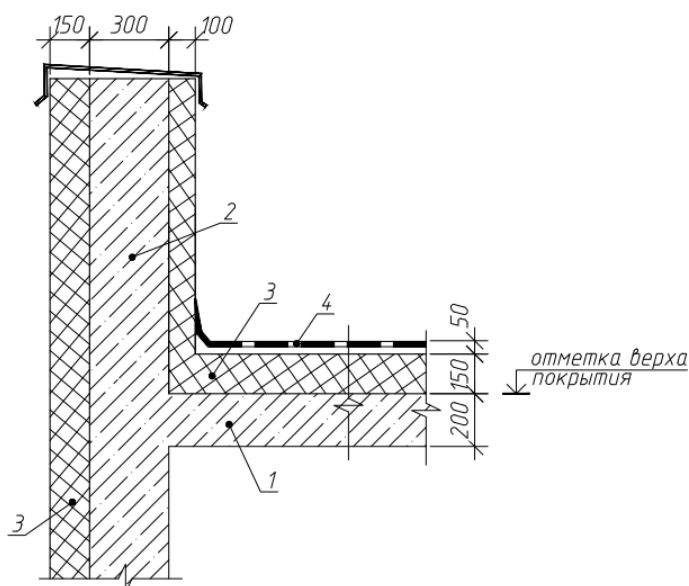


Рис. 1. Парапетный узел с устройством вертикальной теплоизоляции:

1 – монолитная железобетонная плита покрытия; 2 – наружная монолитная железобетонная ограждающая конструкция; 3 – слой утеплителя, минеральная вата из базальтовых волокон; 4 – гидроизоляционный слой

Fig. 1. Parapet unit with vertical thermal insulation:

1 – monolithic reinforced concrete roof slab; 2 – exterior monolithic reinforced concrete envelope; 3 – insulation layer, basalt fiber mineral wool; 4 – waterproofing layer

2. Конструкция узла примыкания плоской кровли к парапету с использованием термовкладышей различной толщины, расположенных внутри ограждающей конструкции (рис. 2).

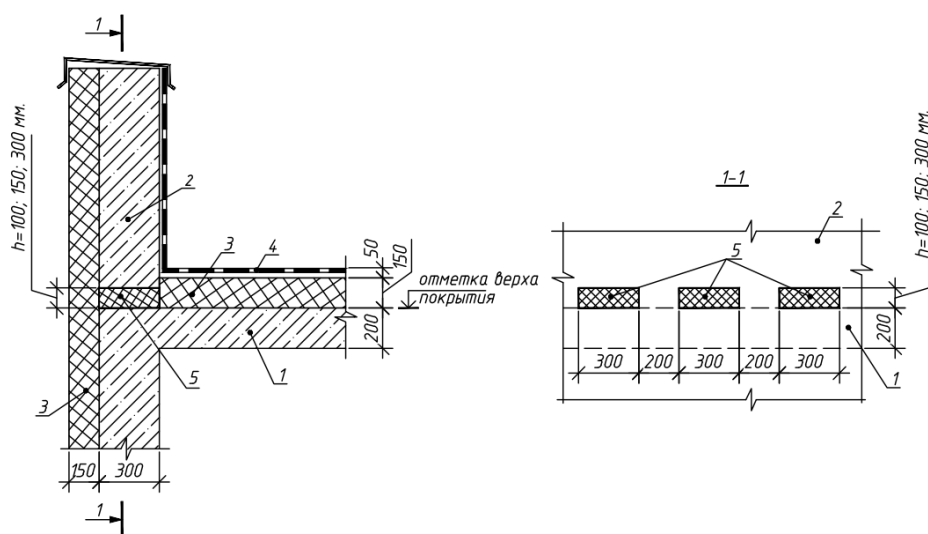


Рис. 2. Парапетный узел с устройством вертикальной теплоизоляции с использованием термовкладышей:

1 – монолитная железобетонная плита покрытия; 2 – наружная монолитная железобетонная ограждающая конструкция; 3 – слой утеплителя, минеральная вата из базальтовых волокон; 4 – гидроизоляционный слой; 5 – термовкладыши

Fig. 2. Parapet unit with vertical thermal insulation and thermal inserts:

1 – monolithic reinforced concrete roof slab; 2 – exterior monolithic reinforced concrete envelope; 3 – insulation layer, basalt fiber mineral wool; 4 – waterproofing layer, 5 – thermal inserts

Представленные варианты исполнения узла примыкания кровли к парапету позволяют снизить степень влияния температурно-климатических воздействий, а также могут повысить эксплуатационные качества в монолитных зданиях.

В последнее время в строительной практике широкое распространение получили конструктивные решения узлов сопряжения дисков перекрытий со стенами, выполненные с применением термовкладышей [10, 11]. Устройство в теле монолитной ограждающей конструкции термовкладышей нужно предусматривать на этапе проектирования конструкции и учитывать необходимость укладки дополнительных арматурных стержней в пазы термовкладышей, чтобы усилить конструкцию и придать ей дополнительную жесткость. Это приводит к увеличению трудоемкости, материалоемкости и стоимости работ, однако применение термовкладышей в монолитных конструкциях позволяет повысить теплотехническую однородность конструкций и снизить теплопотери.

При устройстве парапетного узла с термовкладышами возникает ряд проблем: смещение термовкладышей относительно проектного положения из-за сложности их фиксации к арматурным стержням и подвижка при вибрации бетона; возникновение экстремумов необходимого армирования за счет разрыва фоновой арматурного каркаса, для которого на рис. 3 представлена мозаика требуемого армирования узла сопряжения парапета и монолитной железобетонной плиты покрытия; увеличение сечения стержней арматуры из-за разрыва арматурного каркаса; необходимость устройства дополнительных балок в теле

стены и, главное, обеспечение долговечности данного конструктивного узла с теплотехнической точки зрения. Применяемый материал термовкладышей – экструзионный пенополистирол – имеет срок службы 30 лет, тогда как нормативный срок эксплуатации здания составляет не менее 50 лет.

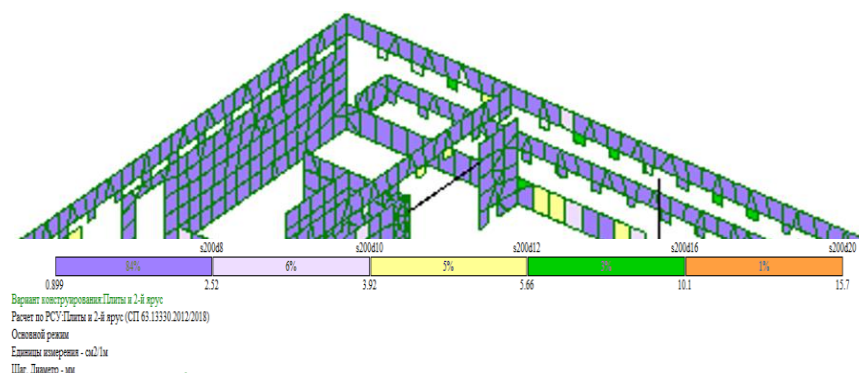


Рис. 3. Мозаика требуемого армирования парапетного узла по периметру здания с применением термовкладышей

Fig. 3. Mosaic of the required reinforcement of the parapet unit along the building perimeter with thermal inserts

Парапетный узел с устройством дополнительной вертикальной изоляции менее трудоемкий и более выгодный с экономической точки зрения, однако такое конструктивное решение не позволяет полностью исключить «мостики холода» в конструкции. В качестве теплоизоляционного материала для данного конструктивного решения принята минеральная вата из базальтовых волокон.

Исследование теплотехнических свойств указанных выше конструктивных решений парапетных узлов ведется для климатических параметров г. Москвы.

Температура холодной пятидневки составляет -29°C , амплитуда колебания температуры равна 6°C , согласно СП 131.13330.2025 «Строительная климатология»². В табл. 1 представлен расчет суточного хода температуры в зависимости от амплитуды колебания температуры для климатических данных г. Москвы.

Суточный ход средней месячной температуры воздуха для исследуемого периода (января) возможно определить по следующим формулам:

$$t_q = \frac{A}{2} \sin \left[\frac{\pi}{2} \frac{2x - 3T_{\min} - 9}{9 + T_{\min}} \right] + t \text{ при } 0 \leq x \leq T_{\min}; \quad (1)$$

$$t_q = \frac{A}{2} \sin \left[\frac{\pi}{2} \frac{2x - 15 - T_{\min}}{15 - T_{\min}} \right] + t \text{ при } T_{\min} \leq x \leq 15; \quad (2)$$

$$t_q = \frac{A}{2} \sin \left[\frac{\pi}{2} \frac{2x - 21 + T_{\min}}{9 + T_{\min}} \right] + t \text{ при } 15 \leq x \leq 24, \quad (3)$$

² СП 131.13330.2025. Строительная климатология: утвержден приказом Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации от 8 августа 2025 г. № 470/пр.: дата введения 2025-09-09. Москва, 2025. 245 с.

где A – средняя суточная амплитуда средней месячной температуры воздуха, °С; t – средняя месячная температура воздуха, °С; $T_{\min}$ – время минимальной температуры воздуха в течение суток, которое принимается как время, которое наступает через 15 мин после восхода солнца, ч; восход солнца – 8 часов; x – текущее время, ч.

Таблица 1

**Изменение температуры на внешней поверхности
ограждающей конструкции в разное время суток**

Table 1

Temperature changes on the outer surface of the building at different daytime

Время су- ток, ч	Температура, °С	Время су- ток, ч	Температура, °С	Время су- ток, ч	Температура, °С
1	–29,28	9	–31,70	17	–26,20
2	–29,82	10	–30,87	18	–26,45
3	–30,34	11	–29,67	19	–26,78
4	–30,81	12	–28,33	20	–27,19
5	–31,22	13	–27,13	21	–27,66
6	–31,55	14	–26,30	22	–28,18
7	–31,80	15	–26,00	23	–28,72
8	–31,95	16	–26,05	24	–29,28

Зная значения суточного хода среднемесячной температуры воздуха окружающей среды, можно смоделировать нестационарный тепловой поток.

Определение приведенного сопротивления теплопередаче основывается на принципе стационарного режима теплопередачи, при котором тепловой поток, проходящий через любое сечение конструкции, перпендикулярное потоку, постоянен [12]. Однако при определении температуры на наружной поверхности ограждающей конструкции необходимо учитывать длительное непостоянство погодных условий, а также колебание температуры в течение суток, что, в свою очередь, нарушает тепловой режим стены и вызывает нестационарный тепловой поток в толще ограждающей конструкции. Также на постсоветском пространстве существует острая необходимость в расчете и обследовании теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий в переходный период года [13, 14].

При проектировании наружных ограждающих конструкций необходимо учитывать толщину и последовательность расположения конструктивных слоев ограждения, от которых будет зависеть значение сопротивления теплопередаче, расчет которого ведется только при стационарных режимах переноса тепла. Однако в реальных условиях эксплуатации зданий и сооружений процессы тепломассопереноса через ограждающие конструкции практически всегда нестационарные [15, 16].

Суточные колебания температуры наружного воздуха и воздействие солнечной радиации различны в разные периоды года, что будет оказывать значительное влияние на теплозащитные свойства материалов ограждающих кон-

струкций зданий. Исходя из этого, исследование нестационарности процессов переноса тепла в ограждающих конструкциях является актуальной задачей.

Результаты исследования

Для проверки соблюдения комплексного и поэлементного требований по тепловой защите зданий, а также обеспечения санитарно-гигиенических условий внутри помещения выполнено моделирование температурных полей с применением программного комплекса Solidworks, результаты которого представлены на рис. 4 и 5. При моделировании заданы следующие граничные условия: температура внутреннего воздуха $t_{\text{вн}} = +20\text{ }^{\circ}\text{C}$, температура наиболее холодной пятидневки обеспеченностью 0,92 для г. Москвы $t_{\text{н}} = -29\text{ }^{\circ}\text{C}$.

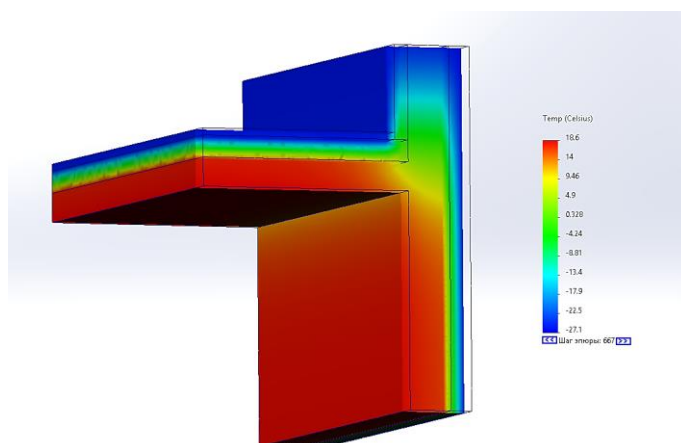


Рис. 4. Температурное поле парапетного узла с применением вертикальной теплоизоляции
Fig. 4. Temperature field of the parapet unit with vertical thermal insulation

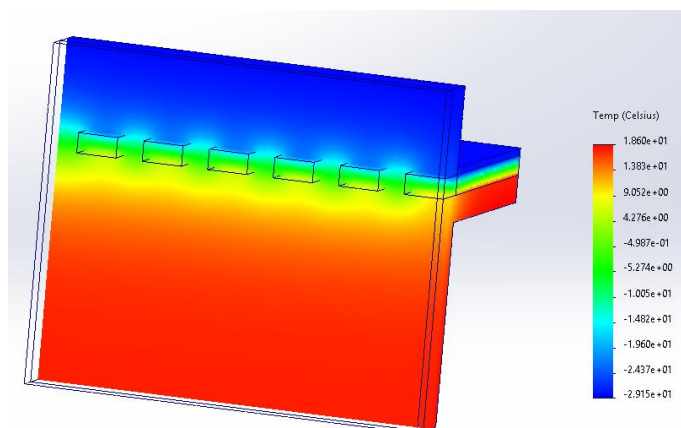


Рис. 5. Температурное поле парапетного узла с устройством вертикальной теплоизоляции и термовкладышами
Fig. 5. Temperature field of the parapet unit with vertical thermal insulation and thermal inserts

Были выполнены расчеты для двух режимов – стационарного и нестационарного. Для моделирования узла в нестационарном режиме в качестве исходных приняты значения температуры наружного воздуха по табл. 1 с шагом 1 ч, при этом расчет температурного поля парапетного узла в программном комплексе производился с временным интервалом, равным 300 с.

В результате анализа моделирования температурных полей различных вариантов конструктивных решений парапетных узлов получены данные по температурам и амплитудам температуры для стационарного и нестационарного режимов эксплуатации ограждающей конструкции. Также в ходе моделирования учтены различные конструктивные особенности парапетных узлов: вертикальная теплоизоляция, термовкладыши различной высоты и отсутствие теплоизоляционного слоя для совмещенного покрытия и покрытия с теплым чердаком.

Расчетные значения температуры, а также амплитуды колебания температуры для нестационарного и стационарного режимов эксплуатации ограждающей конструкции в зоне примыкания плоской кровли к парапету сведены в табл. 2.

Таблица 2

Результаты моделирования температурных полей для нестационарного и стационарного режимов эксплуатации здания

Table 2

Modeling results of temperature fields for steady and unsteady temperature conditions

№ п/п	Схема	Температура/Амплитуда температуры в зоне термовкладыша, °С	Температура/Амплитуда температуры в зоне перемычки, °С	Температура по основному полю, °С
1	2	3	4	5
Нестационарный режим				
<i>Теплый чердак</i>				
1	Без утеплителя	–	6,43/0,17	14,22
2	С вертикальным утеплителем	9,47/0,44	–	14,07
3	С термовкладышем, $h = 100$ мм	8,66/0,10	8,19/0,09	14,07
4	С термовкладышем, $h = 150$ мм	8,83/0,07	9,19/0,08	14,19
5	С термовкладышем, $h = 300$ мм	9,41/0,06	9,21/0,07	14,20
<i>Совмещенное покрытие</i>				
6	Без утеплителя	–	9,24/0,11	17,93
7	С вертикальным утеплителем	12,88/0,30	–	18,10
8	С термовкладышем, $h = 100$ мм	11,56/0,17	12,06/0,05	17,86
9	С термовкладышем, $h = 150$ мм	12,71/0,06	11,85/0,07	17,96
10	С термовкладышем, $h = 300$ мм	13,09/0,08	12,33/0,10	17,99

Окончание табл. 2

End of table 2

№ п/п	Схема	Температура/ Амплитуда темпе- ратуры в зоне тер- мовкладыша, °С	Температура/ Амплитуда тем- пературы в зоне перекрыжки, °С	Температура по основ- ному полю, °С
1	2	3	4	5
Стационарный режим				
Теплый чердак				
11	Без утеплителя	–	6,33/–	14,05
12	С вертикальным утеплителем	9,14/–	–	14,28
13	С термовкладышем, $h = 100$ мм	8,78/–	8,24/–	14,26
14	С термовкладышем, $h = 150$ мм	9,18/–	8,64/–	14,26
15	С термовкладышем, $h = 300$ мм	9,61/–	9,27/–	14,26
Совмещенное покрытие				
16	Без утеплителя	–	9,48/–	18,05
17	С вертикальным утеплителем	12,54/–	–	17,85
18	С термовкладышем, $h = 100$ мм	11,91/–	11,25/–	18,11
19	С термовкладышем, $h = 150$ мм	12,58/–	12,09/–	18,18
20	С термовкладышем, $h = 300$ мм	13,13/–	12,76/–	18,22

Согласно результатам моделирования температурных полей, определены температуры и амплитуды колебания температуры на внутренней поверхности парапета: в зоне расположения термовкладышей (гр. 3 табл. 2); в зоне расположения перекрыжки между наружным и внутренним слоем железобетона – зона между термовкладышами (гр. 4 табл. 2) и осредненная температура поверхности (гр. 5 табл. 2).

В соответствии с результатами оценки полученного массива данных установлено, что в расчетах при нестационарном тепловом режиме температура на внутренних поверхностях ниже, чем при аналогичных расчетах при стационарном тепловом режиме для однородных конструктивных решений. При конструктивных решениях с различными по теплоемкости материалами температура на внутренней поверхности при расчете с учетом нестационарного теплового режима превышает значения, полученные при расчете в стационарном тепловом режиме. Однако в связи с незначительным расхождением полученных температур на внутренней поверхности, около 3–5 %, предлагается в дальнейшем для данных и аналогичных конструктивных решений принимать результаты расчетов, полученные при стационарном тепловом режиме.

С точки зрения нормирования температурного режима на внутренней поверхности наружных непрозрачных ограждающих конструкций при стационарном режиме теплопередачи в зоне парапетного узла с конструктивным вариантом без дополнительного утепления в зданиях с совмещенным покрытием не соблюдается требование по обеспечению минимальной температуры. Согласно результатам исследования, в вышеуказанной зоне будет образовываться конденсат, т. к. температура в данной точке равна $9,48\text{ }^{\circ}\text{C}$, что является ниже температуры точки росы ($10,7\text{ }^{\circ}\text{C}$). Исходя из анализа данного варианта решения парапетного узла при нестационарном режиме установлено, что происходит незначительное уменьшение температуры на внутренней поверхности конструкции в течение суток с $9,13$ до $9,35\text{ }^{\circ}\text{C}$.

При анализе зависимости температуры внутренней поверхности ограждающей конструкции от высоты термовкладыша установлено, что при высоте вкладыша 100 мм и более минимальная температура в зоне вкладыша, а также в зоне железобетонной перемычки между вкладышем выше температуры, равной точке росы. Таким образом, увеличение высоты термовкладыша ведет только к перерасходу материала и приводит к незначительному повышению температуры на внутренней поверхности. При увеличении высоты термовкладыша с 100 до 300 мм происходит повышение температуры в зоне термовкладыша от $12,54$ до $13,13\text{ }^{\circ}\text{C}$ и от $12,33$ до $12,76\text{ }^{\circ}\text{C}$ в зоне железобетонной перемычки. По результатам моделирования рекомендуется в дальнейшем принимать для расчетных условий г. Москвы высоту термовкладыша, равную 100 мм .

Заключение

Новизна технологии применения термовкладышей из экструзионного пенополистирола и сравнительно небольшой срок эксплуатации зданий и сооружений с применением данной технологии на территории России пока не позволяют сделать точный прогноз службы утеплителя в период эксплуатации здания. Также необходимо учесть тот факт, что по прошествии 30 лет конструкция парапетного узла не предусматривает замену термовкладышей в теле монолитной железобетонной плиты, и теплотехнические показатели данного узла будут значительно ниже проектных. Учитывая вышеизложенные факторы, а также сложность исполнения конструктивного решения примыкания парапета к плоской кровле с применением термовкладышей и долговечности теплоизоляционного материала, применяемого в качестве термовкладышей, данная конструкция невыгодна с экономической точки зрения.

Предлагаемый альтернативный парапетный узел с устройством дополнительного вертикального слоя теплоизоляции на внутренней стороне парапетной части стены более материалоемкий по расходу теплоизоляционного материала, однако менее трудоемкий и, что главное, ремонтпригодный, но не столь эффективен по сравнению с использованием термовкладышей высотой 100 мм . Для климатических параметров Москвы температура на внутренней поверхности стены парапетного узла с дополнительной вертикальной теплоизоляцией равна $12,54\text{ }^{\circ}\text{C}$, тогда как для варианта с термовкладышем высотой 100 мм она составляет $11,91\text{ }^{\circ}\text{C}$.

На основании анализа представленных расчетов в дальнейшем для определения расчетных параметров аналогичных конструкций нерационально моделировать температурные поля с учетом нестационарного режима эксплуатации здания. Расхождение полученных значений температур на внутренней поверхности ограждающей конструкции с учетом и без учета нестационарного режима составило 3–5 %.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Волкова, О.Е., Сидоренко, К.А. Монолитное домостроение в современном строительстве // Труды Братского государственного университета. Серия: Естественные и инженерные науки. 2021. Т. 1. С. 146–149. EDN: FTZGJH
2. Sotnikova, O.A., Tselyaritskaya, M.I., Pashchenko, Yu.O. Analysis of «Cold Bridges» in Order to Identify Shortcomings of Monolithic Housing Construction in Voronezh // Proceedings of the Southwest State University. 2023. V. 26. № 3. P. 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34
3. Kuznetsov, A.V., Demin, A.M. Energy Efficient Design Solution for the Interface Node Between the Floor Slab and the Wall // International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021, Novosibirsk, 11–14 may. Switzerland : Springer Nature Switzerland AG, 2022. P. 799–807. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_87. EDN: ERFOMA
4. Тихонова, М.А., Матвеева, И.В. Проблемы эксплуатации бесчердачных покрытий гражданских зданий и пути их решения при реконструкции и капитальном ремонте // Научный журнал. Инженерные системы и сооружения. 2016. № 1 (22). С. 176–182.
5. Михеев, Д.А., Волкова, О.В. Утепление совмещенных покрытий многоэтажных зданий посредством изменения элементов и узловых соединений конструкции // Оригинальные исследования. 2023. Т. 13. № 5. С. 264–270. EDN: INNHXE
6. Портнягин, Д.Г. Повышение теплозащиты узлов ограждающих конструкций зданий с применением пеностеклокристаллического материала // Инженерно-строительный журнал. 2015. № 8 (60). С. 56–67. DOI: 10.5862/MCE.60.7
7. Nguyen, Huu, Cuong, Hyoseo, Ana, Tran-Van, Hana, Sanghee, Jiuk, Shine, Kihak, Lee. Structural test and FEM analysis of a thermal bridge connection employing the UHPC system for concrete cladding wall // Results in Engineering. 2024. V. 22. Article 102191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102191>
8. Ingeli, V., Čekon, M., Paulovičová, L. Enhancement of the thermal performance of voided concrete slabs filled with expanded polystyrene // Case Studies in Construction Materials. 2025. V. 22. Art. e04567. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04567>
9. Nguyen, Huu, Cuong, Kim, Jae, Young, Sanghee, An, Hyewon, Kim, Jiuk, Shin, Kihak, Lee. Structural performance and numerical analysis of parapet thermal bridge solutions with cellulose fiber reinforced cement board and different reinforcement layouts for residential buildings // Engineering Structures. 2025. V. 329. Art. 119713. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.119713>
10. Белаиш, Т.А., Кузнецов, А.В., Володченко, Д.Г. Анализ напряженно-деформированного состояния узловых соединений высотных зданий при учете климатических воздействий // Известия Петербургского университета путей сообщения. 2024. Т. 21. № 1. С. 85–102. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-85-102
11. Белаиш, Т.А., Кузнецов, А.В. Расчетно-теоретические исследования узловых соединений в монолитных зданиях // Вестник МГСУ. 2024. Т. 19. № 2. С. 181–193. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193
12. Belous, A., Kotov, G., Belous, O., Garanzha, I. Calculation of heat resistance of external enclosing structures with heat-conducting inclusions // Magazine of Civil Engineering. 2022. V. 5. № 113. DOI: 10.34910/MCE.113.13. EDN: NCHURU
13. Белоус, А.Н., Новиков, А., Белоус, О.Е. Технико-экономическое обоснование системы фасадного утепления зданий серии ИИ-04 // Современное промышленное и гражданское строительство. 2017. Т. 13. № 4. С. 179–187. EDN: YMKCFP
14. Андреев, М.К., Гамаюнова, О.С. Утепление фасадов при реновации жилых зданий типовых серий // Инженерные исследования. 2023. № 2 (12). С. 19–26. EDN: LTHEIC

15. Абрамова, Е.В., Верховский, А.А. Определение теплотехнических характеристик ограждающих конструкций зданий в нестационарных условиях // *Жилищное строительство*. 2025. № 11. С. 3–10. DOI: 10.31659/0044-4472-2025-11-3-10. EDN: OCURNZ
16. Садыков, Р.А., Мухаметзянова, А.К., Филимонова, С.А. Аналитический и численный расчеты квазиустановившегося режима теплопереноса в ограждающих конструкциях зданий и сооружений // *Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета*. 2022. № 1 (59). С. 90–102. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_90. EDN: VBYDGI

REFERENCES

1. Volkova, O.E., Sidorenko, K.A. Cast-in-Place Modern Construction. *Trudy Bratskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Estestvennye i inzhenernye nauki*. 2021; 1: 146–149. EDN: FTZGJH (In Russian)
2. Sotnikova, O.A., Tselyaritskaya, M.I., Pashchenko, Yu.O. Analysis of "Cold Bridges" in Order to Identify Shortcomings of Monolithic Housing Construction in Voronezh. *Proceedings of the Southwest State University*. 2023; 26(3): 21–34. DOI: 10.21869/2223-1560-2022-26-3-21-34
3. Kuznetsov, A.V., Demin, A.M. Energy Efficient Design Solution for the Interface Node Between the Floor Slab and the Wall. In: *International Scientific Siberian Transport Forum TransSiberia – 2021*, Novosibirsk, 11–14 May 2021. Switzerland: Springer Nature Switzerland AG, 2022. Pp. 799–807. DOI: 10.1007/978-3-030-96380-4_87. EDN: ERFOMA
4. Tikhonova, M.A., Matveeva, I.V. Challenges in Roof Maintenance without Attics in Civilian Buildings and Solutions for their Resolution during Renovation and Major Repairs. *Inzhenernye sistemy i sooruzheniya*. 2016; 1(22): 176–182. (In Russian)
5. Mikheev, D.A., Volkova, O.V. Thermal Insulation of Multi-Story Buildings with Combined Roofs by Modifying Structural Elements and Joints. *Original'nye issledovaniya*. 2023; 13(5): 264–270. (In Russian)
6. Portnyagin, D.G. Thermal Protection Improvement of Building Envelope Elements using Foam Glass-Ceramic Material. *Inzhenerno-stroitel'nyi zhurnal*. 2015; 8(60): 56–67. (In Russian)
7. Nguyen, Huu, Cuong, Hyoseo, Ana, Tran-Van, Hana, Sanghee, Jiuk, Shine, Kihak, Lee. Structural Test and FEM Analysis of a Thermal Bridge Connection Employing the UHPC System for Concrete Cladding Wall. *Results in Engineering*. 2024; 22: 102191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rineng.2024.102191>
8. Ingeli, V., Čekon, M., Paulovičová, L. Enhancement of the Thermal Performance of Voided Concrete Slabs Filled with Expanded Polystyrene. *Case Studies in Construction Materials*. 2025; 22: e04567. <https://doi.org/10.1016/j.cscm.2025.e04567>
9. Nguyen, Huu, Cuong, Kim, Jae, Young, Sanghee, An, Hyewon, Kim, Jiuk, Shin, Kihak, Lee. Structural Performance and Numerical Analysis of Parapet Thermal Bridge Solutions with Cellulose Fiber Reinforced Cement Board and Different Reinforcement Layouts for Residential Buildings. *Engineering Structures*. 2025; 329: 119713. <https://doi.org/10.1016/j.engstruct.2025.119713>
10. Belash, T.A., Kuznetsov, A.V., Volodchenko, D.G. Stress-Strain State Analysis of Nodal Connections of High-Rise Buildings in Climatic Impacts. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobshcheniya*. 2024; 21(1): 85–102. DOI: 10.20295/1815-588X-2024-01-85-102 (In Russian)
11. Belash, T.A., Kuznetsov, A.V. Calculation and Theoretical Studies of Nodal Connections in Cast-in-Place Concrete Buildings. *Vestnik MGSU*. 2024; 19(2): 181–193. DOI: 10.22227/1997-0935.2024.2.181-193 (In Russian)
12. Belous, A., Kotov, G., Belous, O., Garanzha, I. Calculation of Heat Resistance of External Enclosing Structures with Heat-Conducting Inclusions. *Magazine of Civil Engineering*. 2022; 5(113). DOI: 10.34910/MCE.113.13. EDN: NCHURU
13. Belous, A.N., Novikov, B.A., Belous, O.E. Technical and Economic Justification of Facade Insulation System for II-04 Series Buildings. *Sovremennoe promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo*. 2017; 13(4): 179–187. EDN: YMKCFP (In Russian)
14. Andreev, M.K., Gamayunova, O.S. Facade Insulation during Renovation of Residential Buildings of Standard Series. *Inzhenernye issledovaniya*. 2023; 2(12): 19–26. EDN: LTHEIC (In Russian)
15. Abramova, E.V., Verkhovsky, A.A. Determination of Thermal Characteristics of Building Enclosures in Unsteady Conditions. *Zhilishchnoe stroitel'stvo*. 2025; (11): 3–10. DOI: 10.31659/0044-4472-2025-11-3-10. EDN: OCURNZ (In Russian)

16. Sadykov, R.A., Mukhametzhanova, A.K., Filimonova, S.A. Analytical and Numerical Calculations of Quasi-Steady-State Heat Transfer in Building Enclosures. *Izvestiya Kazanskogo gosudarstvennogo arkhitekturno-stroitel'nogo universiteta*. 2022; 1(59): 90–102. DOI: 10.52409/20731523_2022_1_90. EDN: VBYDGI (In Russian)

Сведения об авторе

Белоус Ольга Евгениевна, ст. преподаватель, Донской государственный технический университет, 344003, г. Ростов-на-Дону, пл. Гагарина, 1, Ol-0929@mail.ru

Authors Details

Olga E. Belous, Senior Lecturer, Don State Technical University, 1, Gagarin Sq., 344000, Rostov-on-Don, Russia, Ol-0929@mail.ru

Статья поступила в редакцию 12.02.2026
Одобрена после рецензирования 21.05.2026
Принята к публикации 21.05.2026

Submitted for publication 12.02.2026
Approved after review 21.05.2026
Accepted for publication 21.05.2026