

Academia. Архитектура и строительство, № 2, стр. 148–157.

Academia. Architecture and Construction, no. 2, pp. 148–157.

Исследования и теория

Научная статья

УДК 699.8

DOI: 10.22337/2077-9038-2026-2-148-157

К выбору тепловой защиты цокольного перекрытия каркасно-монолитного здания на свайных фундаментах

Корнилов Терентий Афанасьевич (Якутск). Доктор технических наук, действительный член Академии наук Республики Саха (Якутия). Кафедра «Проектирование, строительство и технологии» Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. Эл. почта: kornt@mail.ru

Эверстова Варвара Николаевна (Якутск). Кафедра «Проектирование, строительство и технологии» Северо-Восточного федерального университета имени М.К. Аммосова. Эл. почта: varvaratim98@mail.ru

Аннотация. В каркасно-монолитных зданиях на свайных фундаментах наличие объёмных мостиков холода, образуемых соединениями железобетонного ростверка, колонн и плит цокольного перекрытия, приводят к нарушению тепловой защиты. Для снижения негативного воздействия термических мостов проанализированы различные способы устройства цокольного перекрытия с применением терморазрыва, выполненного из экструдированного полистирола, между ростверком и плитой, а также терморазрыва в стеновой кладке при внутренней и наружной теплоизоляции плиты. С помощью сертифицированной программы HEAT 3 смоделированы и выполнены расчёты трёхмерных фрагментов углового участка цокольного перекрытия, включающей железобетонную колонну и ростверк. Результаты численного анализа показали, что применение терморазрыва как в ростверке, так и стеновой кладке существенно повышает теплотехнические характеристики цокольного перекрытия в сравнении с традиционными конструктивными решениями. Наружная теплоизоляция цокольного перекрытия способствует созданию непрерывного теплоизоляционного контура здания. Наиболее благоприятное влияние на теплозащиту достигается при смещении колонны от угла здания к внутренней части.

Ключевые слова: экстремальные климатические условия, каркасно-монолитные здания, ограждающие конструкции, цокольное перекрытие, термический мост, теплотехнические характеристики, термический разрыв

Для цитирования. Корнилов Т.А., Эверстова В.Н. К выбору тепловой защиты цокольного перекрытия каркасно-монолитного здания на свайных фундаментах // Academia. Архитектура и строительство. 2026. № 2. С. 148–157. DOI: 10.22337/2077-9038-2026-2-148-157.

On the Selection of Thermal Protection for the Basement Slab of a Frame-Monolithic Building on Pile Foundations

Kornilov Terentii Afanasyevich (Yakutsk). Doctor of Sciences in Technology, Full Member of the Academy of Sciences of the Republic of Sakha (Yakutia), Department of Design, Construction and Technologies of The North-Eastern Federal University in Yakutsk. E-mail: kornt@mail.ru

Everstova Varvara Nikolaevna (Yakutsk). Department of Design, Construction and Technologies of The North-Eastern Federal University in Yakutsk. E-mail: varvaratim98@mail.ru

Abstract. In frame-monolithic buildings on pile foundations, the presence of significant thermal bridges formed by the connections of the reinforced concrete grillage, columns, and basement slab elements leads to a violation of thermal protection. To mitigate the negative impact of thermal bridges, various methods of constructing the basement slab have been analyzed, including the use of a thermal break made of extruded polystyrene between the grillage and the slab, as well as a thermal break in the masonry with internal and external insulation of the slab. Using the certified program HEAT 3, three-dimensional fragments of the corner section of the basement slab, including a reinforced concrete column and grillage, were modeled and calculated. The results of the numerical analysis showed that the application of a thermal break in both the grillage and the masonry significantly improves the thermal performance of the basement slab compared to traditional structural solutions. External insulation of the basement slab contributes to the creation of a continuous thermal insulation circuit for the building. The most favorable impact on thermal protection is achieved when the column is shifted from the building's corner towards the interior.

Keywords: extreme climatic conditions, frame-monolithic buildings, enclosing structures, basement slab, thermal bridge, thermal performance, thermal break

For citation. Kornilov T.A., Everstova V.N. On the Selection of Thermal Protection for the Basement Slab of a Frame-Monolithic Building on Pile Foundations. In: *Academia. Architecture and Construction*, 2026, no. 2, pp. 148–157, doi: 10.22337/2077-9038-2026-2-148-157.

Для северных и арктических регионов с суровыми климатическими условиями и высоким уровнем затрат на тепло и электроэнергию обеспечение максимального энергосберегающего потенциала зданий становится особенно важным. Основные потери тепловой энергии происходят через наружные ограждающие конструкции, которые превышают 50% расходов на отопление в течение отопительного сезона [1–3]. Для снижения этих тепловых потерь используются многослойные ограждающие конструкции с высоким уровнем теплоизоляции и непрерывностью теплозащитной оболочки здания [4–5]. Данные положения учтены в нормативных документах разных стран в виде требуемых значений термического сопротивления ограждающих конструкций в зависимости от климатических характеристик района строительства [6; 7].

В строительстве многоэтажных зданий в России и за рубежом повсеместно применяется конструктивная система, основанная на монолитном железобетонном каркасе с безбалочным перекрытием и диафрагмами жёсткости – монолитными стенами, устанавливаемыми в местах размещения лестничных клеток и лифтовых шахт. Отсутствие стыков и повышенная статическая неопределимость позволяют монолитному железобетону эффективно распределять внутренние усилия, что обеспечивает устойчивость к значительным нагрузкам, включая динамическое воздействие. Благодаря этим особенностям удаётся реализовывать проекты зданий повышенной этажности и сложной архитектурной формы. Например, в городе Якутске средняя этажность объектов новостроек со стороны застройщиков достигает 12–16 этажей, при этом ежегодный объём вводимого в эксплуатацию жилья превышает 300 тыс. кв. м. При возведении многоэтажных каркасно-монолитных зданий (КМЗ) наружные ограждающие конструкции чаще всего выполняются с использованием бетонных блоков или аналогичных материалов в качестве основы и внешнего утепления из минераловолокнистых плит. Для таких стен с навесным вентилируемым фасадом разработаны специальные

методики определения теплотехнических показателей с учётом влияния теплопроводных элементов подблицовочной конструкции, крепёжных элементов утеплителя, воздушного зазора и процессов фильтрации воздуха [8–9].

Здания с монолитным железобетонным каркасом обладают рядом недостатков, основным из которых являются термические мосты – участки конструкции с повышенной теплопроводностью. Чаще всего это выступающие элементы железобетонных перекрытий на участках расположения балконов, колонны на балконах и в зонах над проездами или холодными стоянками, ростверки свайных фундаментов. Наличие термических мостов значительно снижает эффективность теплоизоляции здания и может приводить к появлению конденсата [10].

В проведённых теоретических и экспериментальных исследованиях термических мостов каркасно-монолитных зданий основное внимание уделено узлам сопряжения балконных плит с наружными стенами. Для снижения влияния балконной плиты наиболее часто применяется продольная перфорация с термическим вкладышем из пенополистирольной плиты внутри железобетонного перекрытия. Экспериментальные исследования тепловых потоков показывают, что потери тепла максимальны в зоне стыка балконной плиты с наружной стеной и минимальны в зоне торца балконной плиты [11]. Теплотехнические испытания подтвердили, что наибольшее снижение температуры на внутренней поверхности конструкции наблюдалось в углу сопряжения наружной стены и междуэтажного перекрытия в зоне железобетонного мостика холода (железобетонной перемычки) [12]. В результате компьютерного моделирования с использованием программного комплекса Ansys получены теплотехнические характеристики фрагментов соединений железобетонного перекрытия с перфорацией и наружной стеной из газобетонных блоков и облицовочных кирпичей в зависимости от толщины кладки [13].

Наиболее эффективным для выступающих участков железобетонных плит является применение специализированных термоизоляционных компонентов производства фирмы Schöck (Германия). Такие узлы с несущим теплоизоляционным элементом обеспечивают более эффективную тепловую защиту, нежели традиционные методы, включающие перфорирование конструкций и последующее утепление полостей плитой из пенополистирола. В НИИСФ проведены ряд исследований теплотехнических характеристик участка балконной плиты и наружной стены при наличии перфорации в перекрытии и установке несущего теплоизоляционного элемента [11; 12; 14]. Экспериментальные исследования и компьютерное моделирование подтвердили эффективность применения теплоизоляционного несущего элемента «Шёкк Изокорб» (Schöck Isokorb), изготовленного из высокоэффективного утеплителя Неопор (Neopor), арматурных стержней из коррозионно-стойкой стали с пониженным коэффициентом теплопроводности (коэффициент теплопроводности стали 17 Вт/(м·°C), а также вкладышей из фибробетона. Установлено, что благодаря этому решению распределение температуры по внутренней поверхности носит равномерный характер, и резкого понижения температуры в углу конструкции не наблюдается [14].

Натурные испытания, проведённые в Чикаго (США) на реальном объекте, позволили получить температурные данные внутри и снаружи балконных плит, оснащённых теплоизоляционными элементами Schöck, и аналогичных плит без них, и сопоставить их с результатами численного моделирования теплопередачи. Согласно данным экспериментов, было зафиксировано повышение приведённого сопротивления теплопередачи фрагментов балконных плит с терморазрывным компонентом на 14% [15]. Исследователи из Южной Кореи провели численное моделирование фрагмента наружной

стены и балконной бетонной плиты с терморазрывными элементами из экструдированного полистирола, арматуры из нержавеющей стали и стекловолокна [16]. Результаты показали превосходство системы со стекловолоконной арматурой при наружной теплоизоляции стены и напольной системе отопления [16]. Другие научные исследования [17], направленные на изучение особенностей углового балкона с терморазрывным элементом вдоль длинной стороны, позволили провести оценку уровня общих тепловых потерь трёхэтажного дома. Было доказано, что внедрение терморазрывных элементов в балконных плитах позволяет сократить общие потери тепла зданием примерно на 4,5% [18; 19].

При строительстве многоэтажных зданий на территориях с вечномерзлыми грунтами используется технология возведения сооружений на свайных фундаментах с проветриваемым подпольем для сохранения мерзлоты. Группа свай, воспринимающая нагрузку от колонны каркаса, объединяется ростверком – монолитной железобетонной конструкцией. Ростверк воспринимает нагрузки от колонн здания и перераспределяет её на сваи, вследствие чего становится одним из наиболее нагруженных элементов конструкции и отличается значительными размерами (например, 2,5×1,8×1,5 м). Стандартная практика строительства в Якутске предусматривает установку теплоизоляции цокольного перекрытия изнутри здания, исходя из удобства монтажных работ. Однако такое решение приводит к образованию массивных мостиков холода в цокольной части здания: железобетонные колонны, ростверки и сами сваи становятся источниками утечек тепла, затрудняя поддержание необходимого теплового режима в суровых климатических условиях [20; 21]. Наличие объёмных термических мостиков в цокольной части каркасно-монолитных зданий со свайными фундаментами при экстремально низкой температуре наружного воздуха приводит к нарушению температурного режима на внутренней поверхности соединений наружных стен с цокольным перекрытием. Кроме того, высокая инфильтрация воздуха в зимний период (более 110 Па) и наличие дефектов в теплоизоляции цокольного перекрытия обуславливают интенсивное проникновение холодного воздуха внутрь зданий [22].

В настоящей статье рассмотрены конструктивные решения цокольного перекрытия каркасно-монолитных зданий, возводимых на свайных фундаментах, с различными схемами расположения теплоизоляции (наружной и внутренней) с целью выявления оптимальных решений, обеспечивающих требуемый уровень теплозащиты ограждающих конструкций в экстремальных климатических условиях. Опыт эксплуатации каркасно-монолитных зданий в Якутске показывает, что наиболее проблемным участком ограждающих конструкций является угловой участок цокольного перекрытия с колонной (рис. 1). На данном участке КМЗ с проветриваемым подпольем холодное

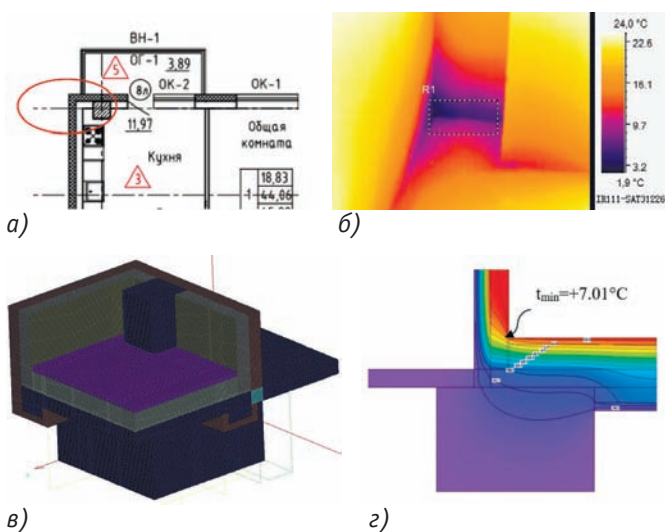


Рис. 1. Угловой участок цокольного перекрытия: а) план; б) термограмма; в) расчетная модель; г) температурное поле по вертикальному разрезу по внутренней поверхности левой стены

¹ Статья проиллюстрирована авторскими схемами, фотографиями и рисунками.

пространство располагается с трёх сторон, и по результатам численных исследований установлена температура на внутренней поверхности, имеющая значение ниже температуры точки росы [21]. Поэтому в качестве исследуемой модели рассмотрен фрагмент углового соединения цокольного перекрытия КМЗ со свайными фундаментами. При моделировании ростверк принят размерами в плане 2500×2500 мм и высотой 1200 мм, колонна – прямоугольного сечения с размерами 1400×300 мм, как для 16-ти этажного здания.

Внутренняя теплоизоляция цокольного перекрытия

При строительстве КМЗ в Якутске наружная стена состоит из следующих элементов: штукатурка из цементно-песчаного раствора плотностью $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ и коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,76 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; кладка из мелких бетонных блоков с $\gamma = 1800 \text{ кг/м}^3$ по ГОСТ 6133-99 и $\lambda = 0,64 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; плиты из каменной ваты с $\gamma = 75\text{--}125 \text{ кг/м}^3$ и $\lambda = 0,04 \text{ Вт/м}^\circ\text{С}$; ветро-гидрозащитная мембрана; воздушный зазор; облицовочные панели. Поскольку кладка из бетонных блоков напрямую опирается на цокольное железобетонное перекрытие, такое решение образует термический мост при выполнении внутреннего утепления перекрытия.

На практике при внутреннем утеплении цокольного перекрытия обычно используются пенополистирольные плиты (ППС) плотностью 35 кг/м^3 . Однако опыт эксплуатации объектов в Якутске свидетельствует, что спустя несколько лет такие плиты подвержены усаживанию, а также между торцами ППС плит и кладкой образуются щели. Поэтому рекомендуется при внутреннем утеплении цокольного перекрытия в качестве первого слоя применять экструдированный пенополистирол (ЭПС). Благодаря отсутствию усадочных деформаций в процессе эксплуатации и наличию Г-образных торцов, обеспечивающих герметичность стыков с перекрытием, данные материалы обеспечивают надёжное соединения.

При внутренней теплоизоляции цокольного перекрытия влияние термических мостов, таких как ростверк и кладка из бетонных блоков возможно уменьшить за счёт:

- использования лёгких блоков или других материалов с малой теплопроводностью в первом ряду кладки стен;

- устройства терморазрывной балки (ТР-балки);
- организации термоизоляционного разрыва между цокольной плитой и ростверком, либо размещения ростверков свай ниже отметки планировочной поверхности участка.

В первом варианте узла цокольного перекрытия внутренняя теплоизоляция плиты реализована по стандартному решению – полностью из ППС-плит плюс кладка из бетонных блоков. Во втором варианте предусмотрен терморазрыв в кладке стены из лёгких блоков (рис. 2). Для устройства терморазрыва в качестве первого ряда кладки стен возможно применение мелких блоков с низкой теплопроводностью: пенополистиролбетонных (далее ПСБ) блоков D400 с коэффициентом теплопроводности $0,12 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$ или блоков из пеностекла марки D180 с коэффициентом теплопроводности $0,10 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$. Лёгкие блоки рекомендуется применять сечением 200×200 мм. Для минимизации проникновения воздуха через стыки и обеспечения плотного прилегания теплоизоляционных элементов целесообразно произвести оштукатуривание внутренней поверхности кладки стен по периметру первого этажа здания до уровня цокольной плиты. Дополнительно для повышения герметичности конструкции к лёгким блокам первого ряда стен следует прикрепить ЭПС-плиты высотой 200 мм, что отображено на рисунке 2. Подобная компоновка гарантирует образование Г-образного примыкания торцов утепляющих плит и полную герметизацию стыков между двумя нижними рядами утеплителя (по 100 мм каждый) с последующим покрытием их третьим слоем толщиной 100 мм сверху.

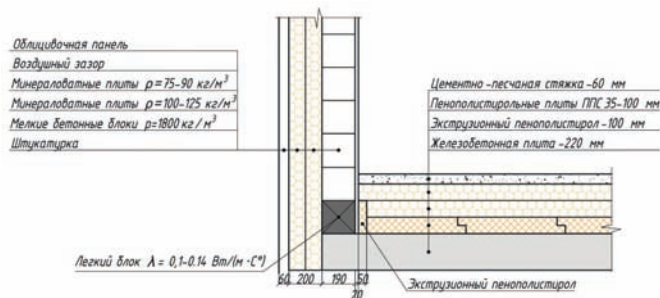


Рис. 2. Терморазрыв в кладке с использованием лёгких блоков

Таблица 1. Варианты конструктивного решения углового участка при внутренней теплоизоляции цокольной плиты

Вариант	Теплоизоляционные плиты цокольного перекрытия		Терморазрыв в кладке	Терморазрыв между плитой цокольного перекрытия и ростверком	Положение колонны
	ППС	ЭПС			
1	300 мм	-	-	нет	В углу
2	200 мм	100 мм	Легкий блок $\lambda=0,12 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$	нет	
3	200 мм	100 мм	Легкий блок $\lambda=0,12 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$	100 мм	В углу
4	200 мм	100 мм	Легкий блок $\lambda=0,12 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$	Ростверк на уровне планировки	В углу
5	200 мм	100 мм	Легкий блок $\lambda=0,12 \text{ Вт/(м}^\circ\text{С)}$	100 мм	Смещение от угла на 800 мм
6	200 мм	100 мм	ТР балка высотой 200 мм	100 мм	В углу
7	200 мм	100 мм	ТР балка высотой 200 мм	100 мм	Смещение от угла на 800 мм

В третьем варианте дополнительно предусмотрен термо-разрыв между ростверком и цокольной плитой с вкладышем из ЭПС-плиты толщиной 100 мм (рис. 3). Цокольная плита опирается на ростверк по контуру, охватывая 200 мм по ширине. Такая компоновка позволяет сохранить жёсткость нижней части каркаса и одновременно обеспечить тепло-изоляционный разрыв. В четвёртом варианте ростверк

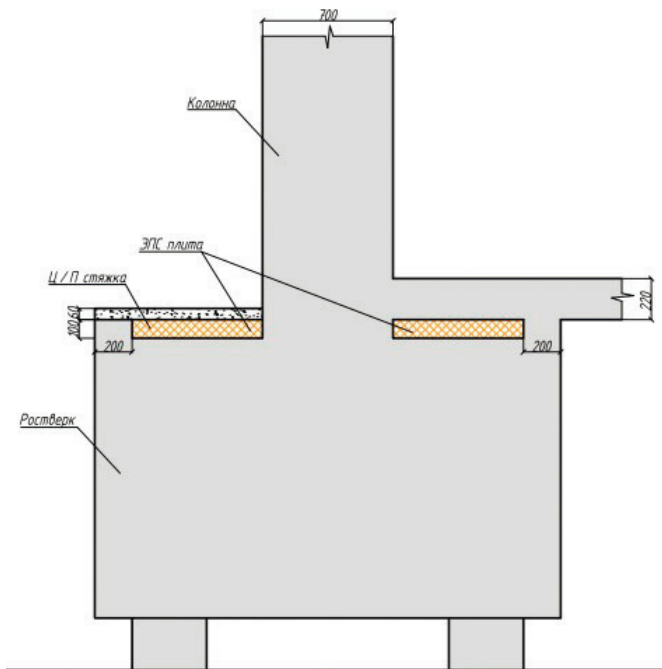
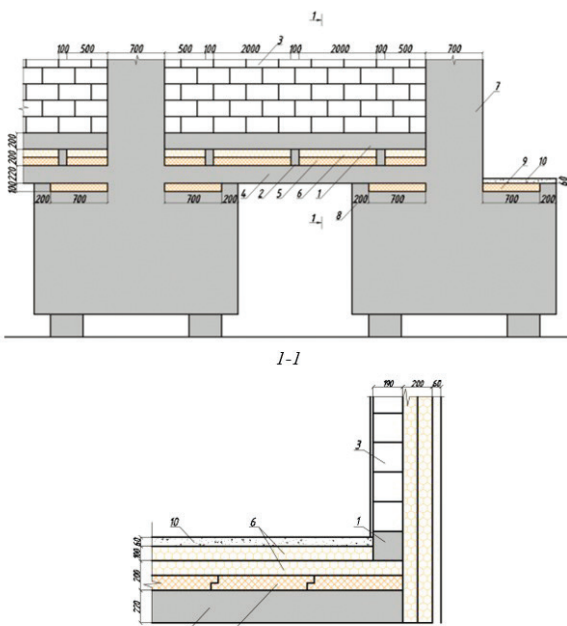


Рис. 3. Терморазрыв между плитой цокольного перекрытия и ростверком в крайних осях здания



1 – ТР балка, 2 – каменные опоры, 3 – кладка из бетонных блоков, 4 – железобетонная плита цокольного перекрытия, 5 – ЭПС-плиты, 6 – ППС-плиты, 7 – колонны; 8 – ростверк; 9 – термовкладыш из ЭПС-плиты; 10 – цементно-песчаная стяжка

Рис. 4. Терморазрывная балка в кладке: а) общий вид участка стенового ограждения 1-го этажа; б) разрез 1-1

опускается на уровень поверхности планировки участка и колонна по бокам утепляется минплитой толщиной 100 мм на высоту 1200 мм. Пятый вариант аналогичен третьему по конфигурации, однако отличается смещением колонны относительно угла цокольного перекрытия. Критически важным является условие, при котором края ростверка шириною 200 мм не должны совпадать по вертикали с кладкой внешней стены – это предотвращает образование теплового мостика.

В шестом и седьмом вариантах кладка выполнена с применением терморазрывной (ТР) балки, в которой вместо первого ряда бетонных блоков установлена вставка из теплоизоляционных плит. Балка может быть изготовлена как монолитной, так и сборной. Её ширина соответствует ширине кладки из бетонных блоков – 200 мм. Теплоизоляционная вставка выполняется из экструдированного пенополистирола (ЭПС) толщиной 100 мм и обычного пенополистирола (ППС) толщиной 100 мм. Опоры балки размещены с шагом 2000 мм. На участках стыковки стен с колоннами предусматривается наличие консолей балки, что уменьшает воздействие теплопроводящих элементов – опор балки (рис. 4).

Моделирование фрагментов конструкций цокольного перекрытия КМЗ и расчёты выполнены с использованием сертифицированной ПК HEAT 3. Данная компьютерная программа предназначена для трёхмерного моделирования стационарного и нестационарного процессов теплопередачи в соответствии стандарту EN ISO 10211 – 2022. Численное исследование термических мостов выполнено при температуре внешнего воздуха $T_{\text{н}} = -52 \text{ }^\circ\text{C}$ и внутреннего воздуха $T_{\text{в}} = +21 \text{ }^\circ\text{C}$. В соответствии с требованиями строительных норм СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий»² коэффициенты теплоотдачи на внутренней и наружной поверхностях элементов ограждающих конструкций установлены на уровне $8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ и $23 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$ соответственно.

Анализ результатов выявил, что размещение теплопроводных элементов – колонны и ростверка – в угловом узле существенно ухудшает теплотехнические параметры ограждающей конструкции. Так, даже при наличии терморазрывов в кладке и ростверке, во втором варианте минимальная температура на внутренней поверхности достигает лишь $T_{\text{min}} = 2,97 \text{ }^\circ\text{C}$, что ниже точки росы $T_{\text{р}} = 10,2 \text{ }^\circ\text{C}$. По сравнению с другими вариантами, наибольшая эффективность наблюдается при смещении колонны из угла и использовании термовкладышей в кладке и ростверке (варианты 5 и 7). Улучшение проявляется особенно заметно в пятом варианте, где T_{min} повышается до $7,13 \text{ }^\circ\text{C}$, что демонстрирует значительное преимущество перед предыдущими решениями (рис. 5). Использование лёгких блоков или ТР-балок в качестве терморазрывов в кладке даёт схожие по теплотехнике результаты. При этом по трудоёмкости производства работ предпочтительным является использование лёгких блоков в качестве первого ряда кладки наружных стен.

² СП 50.13330.2024 «Тепловая защита зданий» (<https://docs.cntd.ru/document/1306326592>).

Применение лёгких блоков с более низким коэффициентом теплопроводности [$\lambda=0,1 \text{ Вт/(м}\cdot\text{°C)}$] в качестве терморазрыва в кладке незначительно увеличивает минимальную температуру на внутренней поверхности, всего на $0,06 \text{ °C}$. Это доказывает, что основное влияние на распределение температуры в узле оказывают термические мосты в виде колонны и ростверка, а не свойства самого терморазрыва в кладке.

Наружная теплоизоляция цокольного перекрытия

Для наружной теплоизоляции цокольного перекрытия используются минераловатные плиты плотностью $90-125 \text{ кг/м}^3$ с прочностью при растяжении перпендикулярно лицевым поверхностям не менее 15 кПа . Минераловатные плиты должны быть с кашированной поверхностью или закрываться негорючей гидро-ветрозащитной мембраной. Установка минераловатных плит в цокольном перекрытии осуществляется с помощью анкеров с тарельчатым дюбелем. Плиты должны быть плотно прижаты к поверхности цокольного перекрытия. Плиты крепят рядами с перевязкой швов в каждом ряду.

На наружных углах предусматривается зубчатое зацепление плит, которое необходимо учитывать при раскрое материалов. По контуру здания в угловых зонах на расстоянии не менее 500 мм от края плиты первый слой минераловатных изделий рекомендуется закрепить на нижней стороне цокольного перекрытия с использованием клей-пены. На угловых участках теплоизоляции цокольного перекрытия выполняется армирование базового слоя усиленной щелочестойкой стеклосеткой для создания прочного основания под декоративную штукатурку и снижения рисков образования трещин в процессе эксплуатации (рис. 6).

Для исключения ростверка из зоны термического моста, применяют терморазрыв из экструдированного пенополистирола толщиной 100 мм либо в последнее время в городе Якутске используют ростверки, расположенные ниже уровня планировки участка застройки (рис. 7, 8). Наружная теплоизоляция цокольного перекрытия наряду с терморазрывом в ростверке существенно повышает энергосберегающие свойства указанных элементов конструкции. По контуру

Таблица 2. Сравнение теплотехнических характеристик углового участка цокольного перекрытия с внутренней теплоизоляцией

Варианты	$T_{\min}, \text{ °C}$	$R_{o, \text{np}}, \text{ М}^2\cdot\text{°C/Вт}$	$\Psi, \text{ Вт/(м}^2\cdot\text{°C)}$
1 – типовой	1,04	3,23	0,309
2	1,45	3,50	0,285
3	2,97	3,61	0,277
4	1,80	3,50	0,286
5	7,13	3,93	0,254
6	3,6	3,69	0,271
7	7,08	4,00	0,25

цокольного перекрытия с наружной стеной терморазрыв между ростверком и плитой полностью исключает кладку из бетонных блоков из зоны термического моста, что подтверждается распределением температуры (рис. 9).

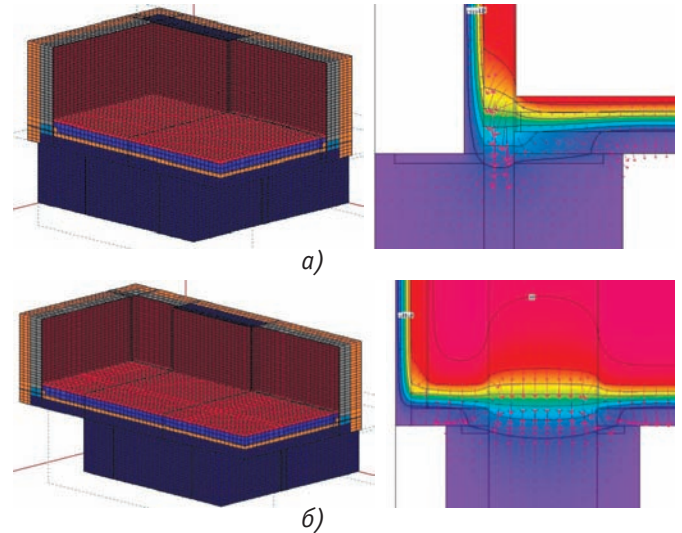


Рис. 5. Результаты моделирования углового участка цокольной плиты перекрытия с внутренней теплоизоляцией: а) расчётная модель и температурное поле для 3-го варианта; б) расчётная модель и температурное поле для 5-го варианта

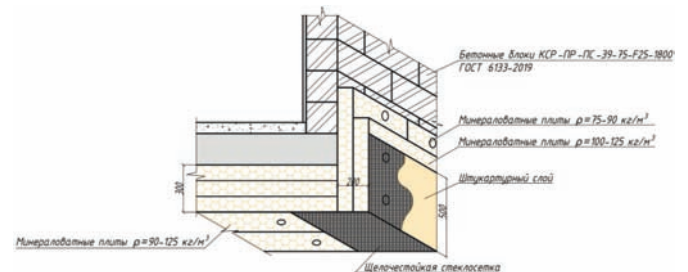
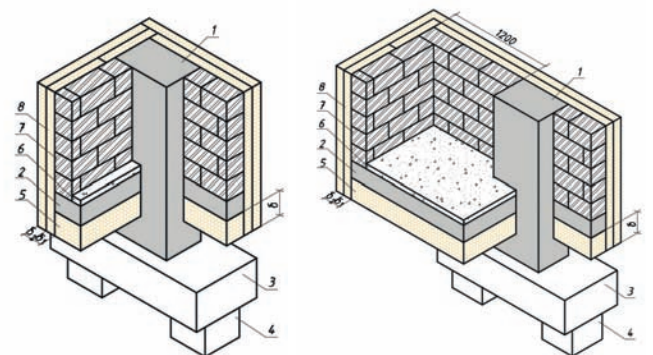


Рис. 6. Угловое соединение наружной стены и цокольного перекрытия с наружной теплоизоляцией



1 – железобетонная колонна, 2 – плита цокольного перекрытия, 3 – ростверк, 4 – свайные фундаменты; 5 – теплоизоляция перекрытия из минераловатных плит, 6 – цементно-песчаная стяжка, 7 – кладка из бетонных блоков, 8 – теплоизоляция стены из минераловатных плит

Рис. 7. Угловой участок цокольной плиты перекрытия с наружной теплоизоляцией: а) колонной в углу; б) со смещением колонны

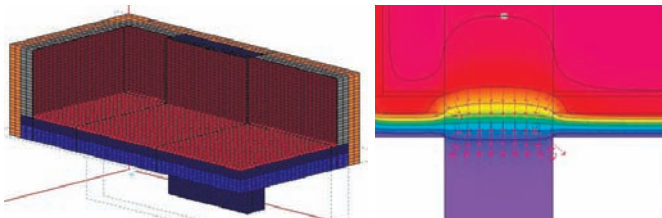


а)



б)

Рис. 8. Наружная теплоизоляция цокольного перекрытия: а) общий вид устройства терморазрыва в ростверках; б) устройства ростверков на уровне поверхности планировки участка



а)

б)

Рис. 9. Результаты моделирования углового участка цокольной плиты перекрытия с наружной теплоизоляцией: а) расчётная модель со смещенной колонной; б) температурное поле

При наружной теплоизоляции цокольной плиты теплозащитная оболочка здания не имеет разрывов, что оказывает положительное влияние на распределение температуры внутри ограждающих конструкций. Для повышения эффективности теплоизоляции на угловом участке цокольного перекрытия предлагается сместить колонну от края цокольного перекрытия во внутрь (см. рис. 7). Такое решение позволяет полностью устранить термический мост, образуемый железобетонной колонной и ростверком – это наглядно демонстрирует рисунок 9. При этом минимальная температура на внутренней поверхности достигает значения $T_{min} = 9,56 \text{ }^\circ\text{C}$, что существенно превосходит показатели предыдущих конфигураций. Отмечено также заметное удаление линии с нулевой температурой от внутренней поверхности ограждения.

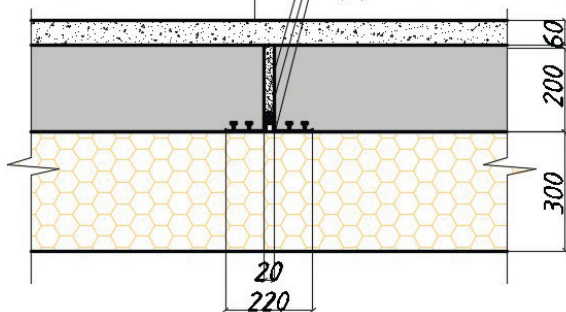
Одним из способов улучшения температурного режима на участках цокольного перекрытия с температурным швом является применение наружных деформационных ПВХ гидрошпонок, таких как марки ТЕХНОНИКОЛЬ ЕМ-260/20. Гидроизоляционные шпонки ТехноНИКОЛЬ представляют собой профилированные ленты, изготовленные из пластифицированного ПВХ методом экструзии. Наружные гидрошпонки устанавливаются на опалубке плиты симметрично относительно оси шва. Затем на гидрошпонку монтируется доска толщиной 20 мм по оси шва, после чего производится заливка бетона. После удаления опалубочной доски в зазор между плитами помещается резиновая пористая прокладка ПРП-60 диаметром 30 мм и заполняется эластичной пеной FlexiFoam. Прокладка ПРП-60,

Таблица 3. Сравнение теплотехнических характеристик углового участка цокольного перекрытия с наружной теплоизоляцией

Расположение колонны	$T_{min}, \text{ }^\circ\text{C}$	$R_o^{np}, \text{ м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C}/\text{Вт}$	$\Psi, \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{ }^\circ\text{C})$
В углу	4,59	3,42	0,292
Смещение от угла на 800 мм	9,56	3,79	0,264

Цементно-песчаная стяжка
 Железобетонная плита
 Минераловатные плиты
 $\rho = 90-125 \text{ кг}/\text{м}^3$

Битумно-бутилкаучуковая мастика МББТ-70 с паклей
 Теплоизоляционный жгут "Вилатерм" $\phi 30$
 Деформационная ПВХ гидрошпонка ДО-220/25-4/25



а)



б)

Рис. 10. Температурный шов в плите цокольного перекрытия с наружной теплоизоляцией: а) схема; б) фотография на объекте

согласно ГОСТ 19177-81³, предназначена для эксплуатации в температурном диапазоне от минус 60 до плюс 70 °С. Практика использования гидрошпонок подтвердила их эффективность и предотвращение инфильтрации воздуха через температурные швы.

* * *

На основании результатов натурных обследований каркасно-монолитных зданий с свайными фундаментами в городе Якутске и численных исследований участков цокольного перекрытия были выявлены следующие аспекты:

Главной причиной нарушения тепловой защиты цокольного перекрытия в этих зданиях является наличие объёмных мостиков холода, образуемых соединениями железобетонного ростверка, колонн и плит цокольного перекрытия. В местах сопряжения внутренних и наружных стен, выполненных из мелких бетонных блоков, с цокольным перекрытием также формируются термические мосты, что приводит к разрыву теплозащитной оболочки здания по периметру цокольного перекрытия, где применена внутренняя теплоизоляция. В типовых решениях цокольного перекрытия в местах расположения колонн и ростверков минимальная температура на внутренней поверхности оказывается ниже температуры точки росы.

Для уменьшения воздействия термических мостов проанализированы разные варианты устройства цокольного перекрытия в каркасно-монолитных зданиях со свайными фундаментами. При выполнении теплоизоляции с внутренней стороны цокольной плиты рекомендуется применять: в качестве первого слоя – экструдированный пенополистирол (ЭПС) с замковым типом соединения; терморазрыв между ростверком и плитой с элементом из ЭПС толщиной 100 мм; а также терморазрыв в стеновой кладке посредством использования лёгких блоков либо терморазрывной (ТР) балки. Моделирование фрагментов углового участка цокольной плиты с внутренним утеплением показало, что наибольшую эффективность даёт смещение стойки от угла и применение терморазрыва одновременно в кладке и ростверке. При этом минимальная температура на внутренней поверхности при использовании лёгкого блока в качестве терморазрыва в кладке составила $T_{\min} = 7,13$ °С, при применении ТР-балки – $T_{\min} = 7,08$ °С. При расположении колонны в углу цокольного перекрытия использование терморазрыва в кладке и ростверке незначительно улучшают теплотехнические характеристики перекрытия.

3. Наружная теплоизоляция цокольного перекрытия в сочетании с терморазрывом в ростверке способствует созданию непрерывного теплоизоляционного контура здания и оказывает положительное влияние на распределение температуры внутри ограждающих конструкций, тем самым существенно повышает тепловую защиту рассматриваемых конструкций.

Наилучшие показатели теплотехнических характеристик достигнуты при смещении колонны от угла здания к внутренней части. Минимальная температура на внутренней поверхности составляет $T_{\min} = 4,59$ °С при расположении колонны в углу и $T_{\min} = 9,56$ °С при её смещении.

4. На основе результатов натурных обследований и теплотехнического анализа ограждающих конструкций разработан стандарт организации (СТО) для одного из крупных застройщиков города Якутска, касающийся тепловой защиты каркасно-монолитных зданий со свайными фундаментами.

Список источников/Reference

1. *Малявина, Е.Г.* Выбор экономически целесообразной теплозащиты зданий на Севере РФ / Е.Г. Малявина, А.А. Фролова // *Жилищное строительство*. 2022. № 12. С. 72–78. . <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-72-78> (дата обращения 19.07.2024).

Malyavina E.G., Frolova A.A. The Choice of Economically Feasible Thermal Protection of Buildings in the North of the Russian Federation]. In: *Housing Construction*, 2022, no. 12, pp. 72–78. <https://doi.org/10.31659/0044-4472-2022-12-72-78> (Accessed 07/19/2024). (In Russ., abstr.in Engl.)

2. Влияние уровня тепловой защиты ограждающих конструкций на величину потерь тепловой энергии в здании / Н.И. Ватин, Д.В. Немова, П.П. Рымкевич, А.С. Горшков // *Инженерно-строительный журнал*. 2012. № 8 (34). С. 4–14.

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. In: *Magazine of Civil Engineering*, 2012, 8 (34), pp. 4–14. (In Russ., abstr.in Engl.)

3. *Горшков, А.С.* Энергоэффективность в строительстве: вопросы нормирования и меры по снижению энергопотребления зданий / А. С. Горшков // *Инженерно-строительный журнал*. 2010. № 1 (11). С. 9–13.

Gorshkov A.S. Energy Efficiency in Building Design and Construction: Standardization and Energy Reduction Measures. In: *Magazine of Civil Engineering*, 2010, 1 (11), pp. 9–13. (In Russ.)

4. *Файст, В.* Основные положения по проектированию пассивных домов / В. Файст ; 2-е изд. М. : АСВ, 2011. 148 с.

Faist V. Passive House Design Principles. Moscow, ASV Publ., 2011, 148 p. (In Russ.)

5. *Гиясова, И.В.* Пути повышения энергоэффективности современных зданий городского типа / И. В. Гиясова // *Инженерный вестник Дона*. 2020. № 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2020/6359 (дата обращения 19.07.2024).

Giyasova I.V. Pathways to Enhancing Energy Efficiency in Modern Urban Buildings. In: *Engineering Herald of Don*, 2020, 3. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2020/6359. (In Russ., abstr.in Engl.)

6. *Гагарин, В.Г.* Требования к теплозащите и энергетической эффективности в проекте актуализированного СНиП «Тепловая защита зданий» / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов // *Жилищное строительство*. 2011. № 8. С. 2–6.

³ ГОСТ 19177-81. «Прокладки резиновые пористые уплотняющие» (<https://docs.cntd.ru/document/901710453>).

Gagarin V.G., Kozlov V.V. Requirements for Thermal Protection and Energy Efficiency in the Draft Updated SNiP «Thermal Protection of Buildings». In: *Housing Construction*, 2011, 8, pp. 2–6. (In Russ.)

7. Гуцин, С.В. Мировые тенденции развития энергосберегающих технологий / С.В. Гуцин, А.С. Семенов, С. Шен // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2020. № 5. С. 32–43.

Gushchin S.V., Seminenko A.S., Shen C. Global Trends in the Development of Energy-Saving Technologies. In: *Bulletin of BSTU Named after V.G. Shukhov*, 2020, № 5, С. 32–43. (In Russ., abstr. in Engl.)

8. Учёт теплопроводных включений и вентилируемой прослойки при расчётах сопротивления теплопередаче стены с навесной фасадной системой (НФС) / В.Г. Гагарин, В.В. Козлов, К.И. Лушин, Н.Ю. Плющенко // Строительные материалы. 2016. № 6. С. 32–35.

Gagarin V.G., Kozlov V.V., Lushin K.I., Plyushchenko N. Yu. Accounting for Thermally Conductive Inclusions and a Ventilated Inter-Layer in the Calculation of Thermal Resistance for Walls with a Ventilated Facade System (VFS). In: *Construction Materials*, 2016, 6, pp. 32–35. (In Russ., abstr. in Engl.)

9. Туснина, О.А. Теплотехнические свойства различных конструктивных систем навесных вентилируемых фасадов / О.А. Туснина, А.А. Емельянов, В.М. Туснина // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 8(43). С. 54–63.

Tusnina O.A., Emel'yanov A.A., Tusnina V.M. Thermal engineering properties of various structural systems of hinged ventilated facades. In: *Magazine of Civil Engineering*, 2013, 8(43), pp. 54–63. (In Russ., abstr. in Engl.)

10. Alhawari, Abdalhadi. Thermal Bridges in Building Envelopes – An Overview of Impacts and Solutions / Alhawari Abdalhadi, Mukhopadhyaya Phalguni. DOI: 10.1556/1848.2018.9.1.5 // *International Review of Applied Sciences and Engineering*. 2018. № 9. P. 31–40. URL: <https://clck.ru/3Tm74x> (дата обращения 19.07.2024).

Alhawari Abdalhadi, Mukhopadhyaya Phalguni. Thermal Bridges in Building Envelopes – An Overview of Impacts and Solutions. In: *International Review of Applied Sciences and Engineering*, 2018, no. 9, pp. 31–40. URL: <https://clck.ru/3Tm74x> (Accessed 07/19/2024). DOI: 10.1556/1848.2018.9.1.5. (In Engl.)

11. Умнякова, Н.П. Теплообмен на поверхности выступающих элементов наружных ограждений / Н.П. Умнякова, К.С. Андрейцева, В.А. Смирнов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2016. № 4 (364). С.157–161.

Umnyakova N.P., Andreytseva K.S., Smirnov V.A. Heat Exchange on the Surface of the Protruding Elements of the Exterior Fences. In: *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2016, 4 (364), pp. 157–161. (In Russ., abstr. in Engl.)

12. Умнякова, Н.П. Новое конструктивное решение сопряжённых наружных стен с монолитными междуэтажными

перекрытиями и балконными плитами / Н.П. Умнякова, Т.С. Егорова, К.С. Андрейцева // Строительные материалы. 2013. № 6. С. 28–31.

Umnyakova N.P., Egorova T.S., Andreytseva K.S. A New Constructive Solution For Conjugate External Walls with Monolithic Interfloor Ceilings and Balcony Slabs. In: *Construction Materials*, 2013, no. 6, pp. 28–31. (In Russ., abstr. in Engl.)

13. Бедов, А.И. Компьютерное моделирование теплотехнических неоднородностей наружных стен высотных каркасных зданий / А.И. Бедов, А.М. Гайсин, А.И. Габитов // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2018. № 6 (378). С. 188–195.

Bedov A.I., Gaysin A.M., Gabitov A.I. Computer modeling of thermal engineering inhomogeneities of exterior walls of high-rise frame buildings. In: *Proceedings of Higher Education Institutions. Textile Industry Technology*, 2018, no. 6 (378), pp. 188–195. (In Russ., abstr. in Engl.)

14. Повышение энергоэффективности за счёт повышения теплотехнической однородности наружных стен в зоне сопряжения с балконными плитами / Н.П. Умнякова, Т.С. Егорова [и др.] // Строительные материалы. 2012. № 6. С. 17–19.

Umnyakova N.P., Egorova T.S., Cherkas V.E., Belogurov P.B., Andreytseva K.S. Increasing Energy Efficiency by Increasing the Thermal Uniformity of External Walls in the Interface Area with Balcony Slabs. In: *Construction Materials*, 2012, no 6, pp.17–19. (In Russ., abstr. in Engl.)

15. Susorova, I. The Effect of Balcony Thermal Breaks on Building Thermal and Energy Performance: Field Experiments and Energy Simulations in Chicago, IL. Irina Susorova, Brent Stephens, Benjamin Skelton. DOI: 10.3390/buildings9090190 // *Buildings*. 2019. № 9 (9). С. 190. URL: <https://clck.ru/3Tm89X> (дата обращения 19.07.2024).

Susorova I., Stephens B., Skelton B. The Effect of Balcony Thermal Breaks on Building Thermal and Energy Performance: Field Experiments and Energy Simulations in Chicago, IL. In: *Buildings*, 2019, 9(9), p. 190. DOI: 10.3390/buildings9090190. URL: <https://clck.ru/3Tm89X> (Accessed 07/19/2024). DOI: 10.3390/buildings9090190. (In Engl.)

16. Zhang, Xinwen. Performance Evaluation of Thermal Bridge Reduction Method for Balcony in Apartment Buildings / Zhang Xinwen, Jung Gun Joo, Rhee Kyu-Nam. DOI:10.3390/buildings12010063 // *Buildings*. 2022. № 12. P. 63. URL: <https://clck.ru/3Tm8ar> (дата обращения 19.07.2024). (In Engl.)

Zhang Xinwen, Jung Gun Joo, Rhee Kyu-Nam. Performance Evaluation of Thermal Bridge Reduction Method for Balcony in Apartment Buildings. In: *Buildings*, 2022, 12, p. 63. URL: <https://clck.ru/3Tm8ar> (Accessed 07/19/2024). DOI:10.3390/buildings12010063. (In Engl.)

17. Investigation of Thermal and Energy Performance of the Thermal Bridge Breaker for Reinforced Concrete Residential Buildings / Kim Mi-Yeon, Kim Hyung-Geun, Kim Jin-Sung, Hong Goopyo. DOI:10.3390/en15082854 // *Energies*. 2022. №

15. P. 2854. URL: <https://clck.ru/3Tm8jm> (дата обращения 19.07.2024).

Kim Mi-Yeon, Kim Hyung-Geun, Kim Jin-Sung, Hong Goopyo. Investigation of Thermal and Energy Performance of the Thermal Bridge Breaker for Reinforced Concrete Residential Buildings. In: *Energies*, 2022, no. 15, p. 2854. URL: <https://clck.ru/3Tm8jm> (Accessed 07/19/2024). (In Engl.)

18. Thermal Bridge Modeling and a Dynamic Analysis Method Using the Analogy of a Steady-State Thermal Bridge Analysis and System Identification Process for Building Energy Simulation: Methodology and Validation / Kim Heegang, Yeo Myoungsok. DOI:10.3390/en13174422 // *Energies*. 2022. № 13 (17). P. 4422. URL: <https://clck.ru/3Tm8pm> (дата обращения 19.07.2024).

Kim Heegang, Yeo Myoungsok. Thermal Bridge Modeling and a Dynamic Analysis Method Using the Analogy of a Steady-State Thermal Bridge Analysis and System Identification Process for Building Energy Simulation: Methodology and Validation. In: *Energies*, 2022, 13(17), P. 4422. DOI:10.3390/en13174422. URL: <https://clck.ru/3Tm8pm> (Accessed 07/19/2024). (In Engl.)

19. Sharbaf, Sara A. Thermal Performance of Balcony Thermal Bridge Solutions in Reinforced Concrete and Steel Frame Structures / A. Sharbaf Sara, Kari Behrouz, Fayaz R. DOI:103984. 10.1016/j.jobe.2021.103984v // *Journal of Building Engineering* 2022. № 48. P. 103984. URL: <https://clck.ru/3Tm8xr> (дата обращения 19.07.2024).

Sharbaf Sara A., Kari Behrouz, Fayaz R. Thermal Performance of Balcony Thermal Bridge Solutions in Reinforced Concrete

and Steel Frame Structures. In: *Journal of Building Engineering*, 2022, no. 48, p. 103984. URL: <https://clck.ru/3Tm8xr> (Accessed 07/19/2024). DOI: 103984. 10.1016/j.jobe.2021.103984. (In Engl.)

20. Данилов, Н.Д. Стык стен и цокольного перекрытия без теплопроводных включений для зданий с проветриваемыми подпольями / Н.Д. Данилов, П.А. Федотов // *Жилищное строительство*. 2017. № 11. С. 39–42.

Danilov N.D, Fedotov P.A. The Junction of Walls and Basement Floors without Heat-Conducting Inclusions for Buildings with Ventilated Floors. In: *Housing construction*, 2017, 11, pp. 39–42. (In Russ., abstr. in Engl.)

21. Kornilov, T. Heat Losses through Reinforced Concrete Columns and Pile Grillages of Buildings / T. Kornilov, P. Fedotov, A. Nikiforov. DOI:10.1063/5.0143638 // *AIP Conference Proceedings*. 2023. № 2791 (1), С. 050055. URL: <https://clck.ru/3Tm98Qs> (дата обращения 19.07.2024).

Kornilov T., Fedotov P., Nikiforov A. Heat losses through reinforced concrete columns and pile grillages of buildings. In: *AIP Conference Proceedings*, 2023, 2791(1), 050055. DOI:10.1063/5.0143638 URL: (Accessed 07/19/2024). (In Engl.)

22. Корнилов, Т.А. Тепловые потери через сопряжения трехслойных стен с железобетонными перекрытиями / Т.А. Корнилов, А.Т. Васильева // *Промышленное и гражданское строительство*. 2022. № 8. С. 25–31.

Kornilov T.A., Vasil'eva A.T. Thermal Losses Due to the Coupling of Three-Layer Walls with Reinforced Concrete Floors. In: *Industrial and Civil Engineering*, 2022, 8, pp. 25–31. (In Russ., abstr. in Engl.)