



ЗЕЛЕННЫЕ ЗДАНИЯ

ТЕПЛОТЕХНИЧЕСКИЕ ПРЕИМУЩЕСТВА ПОЛА ПО ГРУНТУ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: пол по грунту, зеленое здание, теплопередача через грунт, комфортность, энергоэффективность

С. В. Корниенко, доктор техн. наук, заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений», Волгоградский государственный технический университет (ВолгГТУ)

Одним из ключевых направлений создания устойчивой и безуглеродной среды обитания является строительство зеленых зданий, которое не только отвечает требованиям комфортного проживания, но и решает вопросы энергоэффективности и ресурсосбережения. Характерной особенностью зеленых зданий является размещение на первом этаже квартир с отдельными входами. Рассмотрим теплотехнические особенности пола по грунту в зеленых зданиях, а также покажем, что теплоизоляция железобетонной плиты пола плитами из экструдированного пенополистирола толщиной 0,1 м обеспечивает максимальный теплоизолирующий эффект и отвечает требованиям зеленого строительства в умеренном климате России.

Известный испанский архитектор-модернист Антонио Гауди сказал: «Лучшая книга по архитектуре – это дерево, которое ты видишь из окна своего кабинета».

Зеленые технологии – мегатренд современной архитектуры [1–3]. Одним из ключевых направлений устойчивого развития государства является жилищное зеленое строительство. Зеленое здание отвечает требованиям комфортного проживания. Оно энергоэффективно и имеет высокий уровень ресурсосбережения. Зеленое здание

экологически безопасно: в нем реализован комплекс мер по сокращению выбросов парниковых газов (декарбонизация). Потребность в строительстве зеленых зданий чрезвычайно высока и определяется главным образом необходимостью сохранения природной среды для будущих поколений.

Опираясь на инновационные энергоэффективные биопозитивные решения, зеленая архитектура динамично развивается.

Безбарьерная зеленая среда

Характерной особенностью зеленых зданий является размещение на первом этаже квартир с отдельными входами. Такое архитектурное решение имеет ряд преимуществ. Во-первых, за счет совпадения уровней пола и территории создается безбарьерная среда, в которой маломобильные группы населения могут свободно попадать в квартиры без посторонней помощи. Во-вторых, у внешнего контура здания с помощью зеленых помещений, палисадников, газонов могут быть организованы общественные коллективные мини-пространства. Эти пространства – активные элементы зеленой архитектуры, которые могут быть легко адаптированы к нуждам жильцов [4]. В-третьих, отсутствие заглубленных в грунт подвалов снижает антропогенное воздействие на земную поверхность. В-четвертых, повышается уровень комфортности среды. В летний период года деревья с плотной кроной защищают жилые помещения от прямых солнечных лучей, смягчая тепловой режим помещений и снижая потребность в кондиционировании воздуха. Применение современных теплонасосных систем теплоснабжения зданий повышает уровень комфортности среды [5]. Строительство зеленых зданий смягчает эффект городского теплового острова, повышая теплотехническое качество мегаполиса [6].

С учетом высокой актуальности жилищного зеленого строительства, термин «зеленое многоквартирное жилое здание» официально закреплен в новой редакции российских норм проектирования СП 54.13330.2022 «Здания жилые многоквартирные» (п. 3.1.11), а в определении термина «этаж жилого многоквартирного здания» в том же документе (п. 3.1.41) предусмотрена возможность устройства пола по грунту в жилых помещениях.

Теплотехнические особенности пола по грунту

Человек проводит в жилых помещениях большую часть суток, при этом его стопы постоянно контактируют с полом. В результате контактного теплообмена человека с полом происходят тепловые потери. В том случае если тепловые потери человека превышают его теплопродукцию вследствие метаболических процессов, нарушается тепловой баланс и увеличивается риск возникновения простудных заболеваний. Теплоотдача человека зависит от температуры пола, его теплотехнических характеристик, продолжительности контакта стоп с полом и т. д.

Процесс теплопередачи через пол по грунту подчиняется сложным закономерностям. Температурное поле грунта трехмерно. Если вдали от внешнего контура здания температура на поверхности пола почти такая же, что и внутреннего воздуха, то по мере приближения к наружным стенам температура пола снижается, и главное в том, что существенно затрудняется прогноз температурного режима на этих участках пола. Снижение температуры в краевых зонах пола приводит к росту тепловых потерь. Циклические колебания температуры наружного воздуха и теплового потока приводят к формированию сложного

нестационарного теплового режима грунта. При высоком уровне грунтовых вод грунт, соприкасающийся с полом, дополнительно увлажняется, что приводит к дополнительным потерям теплоты через пол по грунту. Поэтому уже на стадии проектирования необходимо правильно определять теплотехнические характеристики пола по грунту [7].

Методы расчета теплопередачи через грунт

Существует ряд методов расчета теплопередачи через грунт.

В зональном методе расчета пол по грунту условно разбивается на термически однородные зоны. Каждая зона имеет индивидуально установленное значение сопротивления теплопередаче. Сопротивление теплопередаче первой зоны, примыкающей к наружной стене, минимальное, что объясняется добавочным тепловым потоком через краевую зону плиты пола. По мере удаления от наружного контура здания сопротивление теплопередаче возрастает. Зная площади термически однородных зон и их теплотехнические характеристики, можно, используя закон сложения тепловых проводимостей, определить теплотери пола по грунту. При необходимости может быть учтено влияние теплоизоляции плиты пола. Зональный метод расчета является ориентировочным, он позволяет очень просто оценить теплозащитные свойства пола по грунту. Однако этот метод не учитывает теплофизические свойства грунта, что затрудняет его применение в различных климатических зонах.

Более точен метод расчета коэффициентов теплопередачи и расходов теплоты для фрагментов ограждающих конструкций, находящихся в непосредственном соприкосновении с грунтовым основанием здания. Этот метод отражен в национальном стандарте РФ ГОСТ Р ИСО 13370–2016 «Тепловые характеристики зданий. Метод расчета теплопередачи через грунт». В отличие от зонального метода расчета он позволяет учесть различные факторы: трехмерную природу теплового потока в грунте под зданием, теплопроводность и объемную теплоемкость грунта, теплопроводные включения по краю перекрытия, влияние грунтовых вод, нестационарный характер теплопередачи, связанный с изменением температур внутреннего и наружного воздуха. Также может быть учтено влияние на тепловой режим помещений встроенной в плиту пола системы панельного лучистого отопления или охлаждения.

Наибольшую точность предлагает метод динамического моделирования процессов теплопереноса в ограждающих конструкциях [8]. Он позволяет вычислить трехмерные температурные поля при нестационарном тепловом режиме для неоднородных участков ограждающих конструкций разнообразной формы [9]. При этом конструкция плиты пола вместе с грунтовым основанием моделируется как единый компонент, что позволяет оценить влияние на теплопередачу различных видов грунта. Особую ценность приобретает возможность применения методов динамического моделирования к расчету теплопереноса в краевых зонах. Более точно могут быть

заданы граничные условия теплообмена. Вместе с тем, динамическое моделирование требует применения сложных компьютерных программ, основанных на методах конечных разностей или конечных элементов, поэтому этот метод не всегда доступен при проведении научно-исследовательских изысканий [10].

Метод ГОСТ Р ИСО 1 3370–2016 дает возможность получить достаточно точные результаты без использования дорогостоящих компьютерных программ, поэтому он выбран нами для оценки теплотерь пола по грунту в данном исследовании.

Нужно ли теплоизолировать пол по грунту?

Для ответа на поставленный вопрос рассмотрим пол по грунту L-образной формы для квартиры, расположенной на первом этаже многоквартирного дома. Такая форма характерна для современных архитектурных решений и обусловлена необходимостью обеспечения сквозного или углового проветривания квартиры в условиях компактной застройки.

По базовому варианту пол по грунту не утеплен. Исходя из заданных размеров периметр пола равен 40 м, площадь пола – 64 м². По конструктивным требованиям плита пола толщиной 0,3 м выполнена из монолитного железобетона плотностью 2 500 кг/м³ в сухом состоянии. Толщина стены 0,5 м. Расчетная теплопроводность железобетонной плиты 1,92 Вт/(м•К), теплопроводность грунта 2 Вт/(м•К). Сопротивление теплообмену внутренней поверхности плиты 0,16 м²•К/Вт, что учитывает конвективный и лучистый теплообмен в помещении. Сопротивление теплообмену наружной поверхности плиты принято равным нулю, так как плита непосредственно контактирует с грунтом. Влияние грунтовых вод на здание не учитывается.

По результатам расчета для базовой конструкции получено значение коэффициента теплопередачи пола по грунту $U = 0,82$ Вт/(м²•К). Это значение указывает на относительно низкие теплозащитные свойства пола. Поскольку коэффициент теплопередачи определен для всей поверхности пола, в краевых зонах, примыкающих к наружным стенам, теплозащитные свойства будут еще ниже.

При отсутствии теплоизоляции возрастают дополнительные тепловые потоки через краевые зоны плиты. Такие потоки образуются вследствие передачи теплоты в грунт, а также при контакте торцов плиты с наружными стенами. Добавочные тепловые потоки приводят к снижению температуры на поверхности пола, поэтому вблизи от наружных стен комфортность условий при контактном теплообмене человека с полом снижается.

Следовательно, теплоизоляция пола по грунту в зеленых зданиях необходима как с точки зрения обеспечения комфортных условий, так и по требованиям энергосбережения.

Способы теплоизоляции пола по грунту

Для обеспечения требуемой долговечности ограждающих конструкций следует применять материалы, имеющие надлежащую морозостойкость, влагостойкость, биостойкость, коррозионную стойкость, стойкость к циклическим

температурным воздействиям, предусматривая в случае необходимости специальную защиту элементов конструкций.

Рассмотрим несколько способов теплоизоляции пола по грунту.

1. Умеренная теплоизоляция краевой зоны пола. По периметру железобетонной плиты между плитой и грунтом предусмотрена горизонтальная теплоизоляция в виде плит из экструдированного пенополистирола толщиной 0,025 м, шириной 2 м. Расчетная теплопроводность экструдированного пенополистирола $\lambda_{\text{ут}} = 0,031$ Вт/(м•К). Торцы плиты пола также теплоизолируются, что практически исключает тепловой поток в сторону наружной стены. Такой способ теплоизоляции способствует не только повышению теплозащитных свойств краевой зоны пола, но и снижению передачи ударного шума, возникающего при ходьбе по полу, в расположенные выше квартиры.

2. Повышенная теплоизоляция краевой зоны пола. По сравнению с предыдущим способом толщина теплоизоляции увеличена до 0,1 м, что способствует выравниванию температур на поверхности пола.

3. Умеренная теплоизоляция пола. По всей площади ниже плиты пола предусмотрена теплоизоляция в виде плит толщиной 0,025 м из экструдированного пенополистирола. Такой способ повышает уровень теплозащиты не только краевых зон пола, но и всей конструкции.

4. Повышенная теплоизоляция пола. По сравнению с предыдущим способом толщина сплошной теплоизоляции плиты пола увеличена до 0,1 м.

Указанные способы применяют в современной практике тепловой защиты зданий.

Теплопотери пола по грунту

Результаты расчета коэффициентов теплопередачи при различных способах теплоизоляции пола по грунту приведены на рис. Пунктирной линией показано целевое

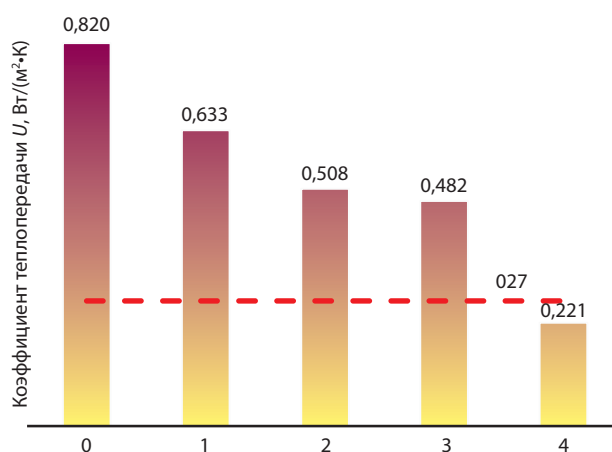


Рис. Коэффициенты теплопередачи при различных способах теплоизоляции пола по грунту: 0 – базовый (без утепления); 1 – умеренная теплоизоляция краевой зоны пола; 2 – повышенная теплоизоляция краевой зоны пола; 3 – умеренная теплоизоляция пола; 4 – повышенная теплоизоляция пола

значение коэффициента теплопередачи, рассчитанное на основе нормируемого сопротивления теплопередаче полов по грунту согласно СП 50.13330.2012 при ГСОП = $= 4\,000\text{ К}\cdot\text{сут./г}$.

Из рис. видно, что удельные теплотери неутепленного пола по грунту максимальны. Такая конструкция в большинстве случаев не может обеспечить требуемый поэлементный уровень теплозащиты зданий в условиях российского климата. Умеренная теплоизоляция краевой зоны пола снижает удельные теплотери пола на 22,8 %. Применение повышенной теплоизоляции краевой зоны пола позволяет сократить теплотери на 38 % по сравнению с вариантом без теплоизоляции пола. Интересно отметить, что умеренная теплоизоляция всей поверхности дает почти такой же вклад (41,2 %) в снижение теплотери пола по грунту, что и повышенная теплоизоляция краевой зоны пола. Максимальное снижение теплотери имеет место при повышенной теплоизоляции плиты пола (73 %). Такой способ обеспечивает максимальный теплоизолирующий эффект и отвечает требованиям зеленого строительства в умеренном климате России.

Литература

1. Табунщиков Ю. А. Москва – умный безуглеродный город: возможности современного строительства // Энергосбережение. 2019. № 6. С. 12–13.

2. Бродач М. М., Шилкин Н. В. Глобальные цели устойчивого развития и экологические требования к объектам недвижимости // Энергосбережение. 2022. № 6. С. 4–8.

3. Корниенко С. В. Зеленое строительство – комплексное решение задач энергоэффективности, экологии и экономики // Энергосбережение. 2017. № 3. С. 22–27.

4. Антюфеев А. В., Корниенко С. В. Инновационный энергоэффективный квартал «Волжские дворики»: к 30-летию юбилею РААСН // Academia. Архитектура и строительство. 2022. № 4. С. 115–122.

5. Vasilyev G. P., Gornov V. F., Kolesova M. V. Ground source heat pump systems efficiency in Russia – economical estimations and territory zoning // IOP Conf. Series: Earth and Environmental Science. 2019. Vol. 249. P. 012033.

6. Корниенко С. В. Теплотехническое качество города // Энергосбережение. 2022. № 7. С. 44–49.

7. Liu Z., Alterman D., Page A., Moghtaderi B., Chen D. An experimental study on the thermal effects of slab-edge-insulation for slab-on-grade housing in a moderate Australian climate // Energy and Buildings. 2021. Vol. 235. P. 110675.

8. Kang X., Yan D., Xie X., An J., Liu Z. Co-simulation of dynamic underground heat transfer with building energy modeling based on equivalent slab method // Energy and Buildings. 2022. Vol. 256. P. 111728.

9. Saied A. E., Maalouf C., Bejat T., Wurtz E. Slab-on-grade thermal bridges: A thermal behavior and solution review // Energy and Buildings. 2022. Vol. 257. P. 111770.

10. Малявина Е. Г., Гнездилова Е. А., Левина Ю. Н. Расчетное сопротивление теплопередаче полов по грунту при современных способах теплозащиты // Строительные материалы. 2019. № 6. С. 44–48. ■

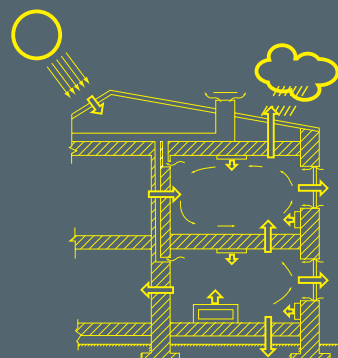
ТЕПЛОПТЕРИ ЗДАНИЯ

Автор: Е. Г. Малявина



Е. Г. Малявина

Теплотери здания



Техническая библиотека НП «АВОК»

В книге «Теплотери здания» подробно рассматриваются все этапы расчета теплотери современного здания, основываясь на современной методологической и нормативной базе.

Отдельные разделы посвящены выбору расчетных параметров наружной среды и микроклимата здания, основам теплопередачи в ограждениях здания, нормам выбора расчетных значений коэффициентов теплопроводности строительных материалов и коэффициентов теплообмена на поверхностях ограждений, определению требуемого сопротивления теплопередаче ограждений, расчету трансмиссионных теплотери здания и потребности в теплоте на нагревание инфильтрационного воздуха, сравнению теплотери здания при различных типах системы отопления.

Приведены значения удельной тепловой характеристики для современных жилых и общественных зданий. Даны рекомендации по учету теплопоступлений в помещении от солнечной радиации при расчете теплотребления зданием за отопительный период. Каждый раздел сопровождают примеры расчетов.

Книга «Теплотери здания» адресована специалистам в области отопления и студентам отраслевых вузов и может считаться пособием по расчету теплотери здания и необходимому при этом теплотехническому расчету ограждающих конструкций.

Тел.: (495) 107-91-50, 621-69-46

E-mail: book@abok.ru

WhatsApp, Telegram: +7 (985) 928-32-19