



ВЛИЯНИЕ СТРОИТЕЛЬНЫХ НОРМ НА РАЗВИТИЕ ЭФФЕКТИВНЫХ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ И ИЗДЕЛИЙ

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: здания, ограждающие конструкции, проектирование, теплоизоляционные материалы и изделия, стандартизация, методы расчета, энергосбережение, энергоэффективность

С. В. Корниенко, доктор техн. наук, советник РААСН, заведующий кафедрой «Архитектура зданий и сооружений» ФГБОУ ВО «Волгоградский государственный технический университет»

И. А. Войлоков, канд. техн. наук, доцент кафедры «Организация строительства» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет»

А. С. Горшков, доктор техн. наук, профессор кафедры «Интеллектуальные системы и защита информации» ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный университет промышленных технологий и дизайна»

Действующие сегодня нормативные требования по теплозащите зданий обеспечиваются на бумаге, но на реальном строительном объекте не достигаются, что неоднократно подтверждалось натурными измерениями. Разберемся в причинах проблемы и проанализируем методы расчета теплотехнических характеристик наружных ограждающих конструкций зданий, принятых в российских и международных стандартах. Также покажем, что принятый в российских нормах подход не способствует совершенствованию существующих и разработке инновационных теплоизоляционных материалов и изделий и внесем предложения по расчету ограждающих конструкций.

В российских и европейских нормативных документах приняты различные подходы не только при определении теплофизических свойств строительных материалов и изделий [1], применяемых в составе наружных ограждающих конструкций зданий, но и при расчете теплотехнических характеристик наружных ограждений [2–6].

Рассмотрим, как это влияет на развитие эффективных теплоизоляционных материалов и изделий, и внесем предложения по расчету ограждающих конструкций.

Расчет теплотехнических характеристик ограждающих конструкций по стандартам ISO

Как известно [2, 7, 8], в международных стандартах при выборе требуемого уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций (стен, окон, покрытия и др.) нормируется не требуемое сопротивление теплопередаче, как это принято в России, а максимально допустимое значение коэффициента теплопередачи U , Вт/(м²•К), обратное сопротивлению теплопередаче R_T (см. формулу (1), Формулы), которое рассчитывается по формуле (2), согласно методикам советских и ранних российских стандартов [9].

Формула (2) справедлива в случае последовательного соединения тепловых проводников. При параллельном или комбинированном соединении тепловых проводников сопротивление теплопередаче можно получить на основе закона проводимостей, используя различные эквивалентные схемы.

Толщина слоя теплоизоляции подбирается таким образом, чтобы расчетное значение коэффициента теплопередачи не превышало требуемое.

В странах Европейского союза при определении расчетных значений теплотехнических характеристик ограждающих конструкций используют следующие стандарты:

- при определении расчетных значений коэффициентов теплопередачи – ISO 6946¹;
- при определении расчетного значения трансмиссионного коэффициента теплопередачи – ISO 13789².

Численные значения коэффициента теплопередачи, рассчитанные по формуле (1), корректируются с учетом:

- воздушных пустот в составе теплоизоляции ΔU_g (например, в стыках между изделиями);
- механического крепления ΔU_f (при анкеровке плит к основанию).

Для инверсионных кровель дополнительно учитывается влияние осадков на теплотехнические характеристики теплоизоляционного слоя ΔU_r .

Но основные теплопроводные включения учитывают при расчете так называемого трансмиссионного коэффициента теплопередачи H_d , который через ограждающие конструкции, отделяющие отапливаемые помещения от внешней среды, рассчитывается по формуле (3)².

Следовательно, потери теплоты через теплопроводные включения добавляются к потерям по глади ограждающей конструкции.

Расчет теплотехнических характеристик ограждающих конструкций по СП 50.13330

В Российской Федерации в части нормирования уровня теплоизоляции наружных ограждающих конструкций основным документом по проектированию является свод правил СП 50.13330³.

Одним из основных требований данного нормативного документа является обеспечение так называемых поэлементных требований, согласно которым приведенное сопротивление теплопередаче отдельных ограждающих конструкций должно быть не меньше нормируемых значений.

Номер формулы в тексте	Формула
(1)	$U = \frac{1}{R_T}$
(2)	$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$
(3)	$H_d = \sum A_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum \chi_k$
(4)	$R_0^{np} = \frac{l}{\frac{1}{R_0^{ycs}} + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k} = \frac{l}{\sum a_i U_i + \sum l_j \Psi_j + \sum n_k \chi_k}$

Обозначения в формулах

U – коэффициент теплопередачи, Вт/(м²•К)

R_T – общее сопротивление теплопередаче, м²•К/Вт

R_{si} – сопротивление теплообмену внутренней поверхности, м²•К/Вт

R_1, R_2, R_n – термическое сопротивление каждого слоя, м²•К/Вт

R_{se} – сопротивление теплообмену наружной поверхности, м²•К/Вт

A_i – площадь i -го элемента ограждающей конструкции, м²

U_i – коэффициент теплопередачи i -го элемента конструкции, Вт/(м²•К), вычисляемый по методике стандарта ISO 6946 [9]

l_j – длина (протяженность) линейного теплопроводного включения, м (м/м²)

Ψ_j – параметр, учитывающий удельные потери теплоты через линейное теплопроводное включение, Вт/(м•К)

χ_k – параметр, учитывающий удельные потери теплоты через точечное теплопроводное включение, Вт/К

R_0^{ycs} – осредненное по площади условное сопротивление теплопередаче фрагмента теплозащитной оболочки здания либо выделенной ограждающей конструкции, м²•°С/Вт

n_k – количество точечных теплопроводных включений, приходящихся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания, или выделенной ограждающей конструкции

a_i – площадь плоского элемента конструкции i -го вида, приходящаяся на 1 м² фрагмента теплозащитной оболочки здания или выделенной ограждающей конструкции, м²/м²

¹ ISO 6946 Building components and building elements – Thermal resistance and thermal transmittance – Calculation method.

² ISO 13789 Thermal performance of buildings – Transmission and ventilation heat transfer coefficients – Calculation method.

³ СП 50.13330.2012 Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 «Тепловая защита зданий».

Приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции рассчитывается по формуле (4). Таким образом, формула (4) одновременно учитывает как потери теплоты по гряди ограждающей конструкции, так и потери через линейные и точечные неоднородности, имеющие место в ее составе. Следовательно, приведенное сопротивление теплопередаче зависит не только от толщины слоя теплоизоляции, но и от теплопроводных включений (их состава, свойств, количества, протяженности).

Если сравнить формулы (3) и (4), то можно видеть, что знаменатель в формуле (4) с небольшими корректировками практически совпадает с формулой (3). Рассмотрим, как эти различия влияют на выбор теплоизоляционного слоя, обеспечивающего максимальный вклад в теплозащитные свойства ограждения.

На рис. 1 представлены зависимости условного и приведенного сопротивлений теплопередаче от теплопроводности материала слоя теплоизоляции для трехслойной стеновой конструкции с облицовочным каменным слоем. Из зависимостей видно (рис. 1), что по мере увеличения теплопроводности теплоизоляционного слоя условное сопротивление теплопередаче стеновой конструкции убывает существенно быстрее, чем приведенное. При увеличении теплопроводности слоя теплоизоляции в 2 раза, то есть на 100 %, приведенное сопротивление теплопередаче уменьшается всего на 29 %. Это происходит ввиду того, что по мере уменьшения теплопроводности теплоизоляционного слоя возрастает коэффициент теплотехнической однородности рассматриваемой стеновой конструкции (рис. 2), так как чем эффективнее слой теплоизоляции, тем большее воздействие на теплотери оказывают теплопроводные включения в его составе. И такая закономерность будет наблюдаться для любой другой ограждающей конструкции.

Теплопроводные включения, безусловно, оказывают существенное влияние на потери тепловой энергии через наружную оболочку здания. Их неполный учет может привести к различию расчетных и фактических потерь тепловой энергии через оболочку здания и, как следствие, сказаться на расхождении фактических и расчетных значений удельного энергопотребления здания. Вопрос состоит в том, как их следует учитывать.

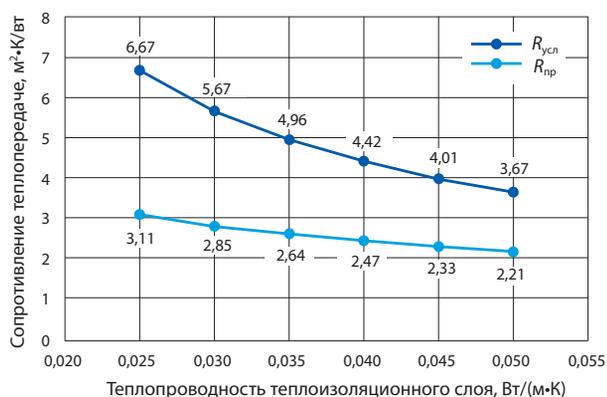


Рис. 1. Зависимости условного и приведенного сопротивлений теплопередаче трехслойной стеновой конструкции от теплопроводности теплоизоляционного слоя

При нормировании условного сопротивления теплопередаче (или коэффициента теплопередачи) эффективность слоя теплоизоляции продолжает играть определяющую роль, а при нормировании приведенного сопротивления теплопередаче ее влияние в значительной степени нивелируется и все дальнейшие разработки более эффективных теплоизоляционных материалов и изделий (с теплопроводностью ниже 0,025 Вт/(м·К), характерной, например, для аэрогеля или вакуумной теплоизоляции) теряют практический смысл, потому как все их теплофизические преимущества будут нивелированы влиянием теплопроводных включений.

Условное сопротивление теплопередаче удобно тем, что при сдаче объекта в эксплуатацию его реально измерить, сравнить с нормативным значением, изъять образцы для контрольных лабораторных испытаний [10–12], проверить влажность материала теплоизоляционного слоя [13–15] и тем самым понять причины выявленного несоответствия. Для определения приведенного сопротивления теплопередаче требуется значительно более емкий состав оборудования, датчиков температуры, измерителей теплового потока, которые нужно правильно установить, а затем еще и корректно обработать полученный массив данных [16, 17].

Если приведенное сопротивление теплопередаче, измеренное на данном объекте, окажется меньше минимально допустимого по требованиям СП 50.13330, то непонятно, что делать, ведь здание уже построено и заселено. Допустим, проектировщик не предусмотрел влияние всех типов теплопроводных включений, но если бы он это сделал, то проект не прошел бы экспертизу. Выбор между корректным учетом всех теплопроводных включений в составе наружных ограждений и прохождением экспертизы, на наш взгляд, очевиден. И в этой связи здесь имеет место недоработка не только и не столько проектировщиков [18], сколько разработчиков стандартов. Причем часто на строительных объектах не обеспечиваются нормативные требования не только к требуемому сопротивлению теплопередаче [19–21], но и к требуемому удельному расходу тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания [22], ввиду чего фактический класс энергетической эффективности построенных объектов не соответствует проектному.

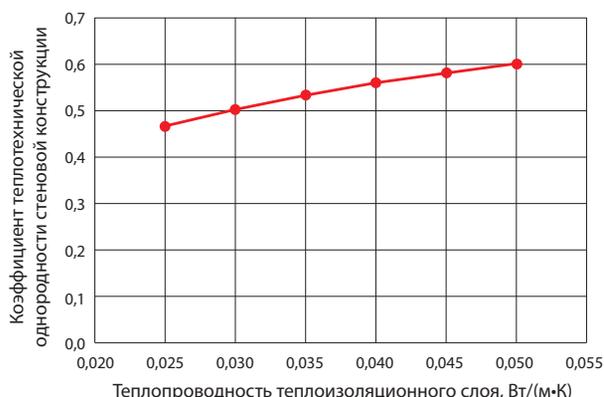


Рис. 2. Зависимость коэффициента теплотехнической однородности стеновой конструкции от теплопроводности теплоизоляционного слоя

Предложения по расчету ограждающих конструкций

Недостатком концепции приведенного сопротивления теплопередаче конструкции является неравноэффективность теплозащиты. Если относить теплотери через сопряжения конструкций к какому-либо одному виду конструкции, то, как следует из формулы (4), возрастает тепловая нагрузка на данную конструкцию, что требует усиления ее теплозащиты. При этом общие тепловые потери через всю оболочку здания не меняются.

Предлагаем более обоснованный подход к поэлементному расчету теплозащиты зданий. Данный подход основан на раздельном учете основных и добавочных теплотер при оценке теплозащитных свойств оболочки здания.

Наиболее важным является определение расчетного сопротивления теплопередаче основной части конструкции (по глади), поэтому расчет толщины теплоизоляционного слоя следует производить именно по этой части.

После определения сопротивления теплопередаче по глади ограждения необходимо проверить теплозащитные свойства элементов конструкции – стыков, углов, сопряжений. Необходимым и достаточным условием данного расчета является отсутствие конденсации влаги на внутренней поверхности конструкции.

При расчете тепловых потерь удобно разделить общие потери теплоты на основные и добавочные. Основные потери теплоты определяют по глади конструкции. Для расчета добавочных тепловых потерь необходимо определить удельные тепловые потоки через линейные и точечные элементы конструкции. При этом отпадает необходимость проверки теплозащитных свойств по приведенному сопротивлению теплопередаче. Общую теплозащиту оболочки здания контролируют путем выбора типа материала и толщины теплоизоляционного слоя, а добавочные теплотери снижают за счет совершенствования конструктивного решения краевых зон.

Пора переходить к реальной теплозащите зданий

В российских и международных стандартах различают подходы к расчету наружных ограждений и учету в их составе теплопроводных включений.

В международных стандартах нормируется коэффициент теплопередачи, обратная величина которого, с некоторыми корректировками, соответствует условному сопротивлению теплопередаче наружного ограждения. Потери теплоты через теплопроводные включения добавляются к потерям теплоты по глади при расчете трансмиссионного коэффициента теплопередачи.

В российских стандартах нормируется так называемое приведенное сопротивление теплопередаче, в знаменатель которого входят потери тепловой энергии не только через ограждение по глади, но и через теплопроводные включения. Такой подход вполне корректно позволяет оценить потери тепловой энергии через наружную оболочку здания. Однако с уменьшением теплопроводности

материала теплоизоляционного слоя теплопроводные включения оказывают большее влияние на приведенное сопротивление теплопередаче ограждения и его тепло-техническую однородность, что практически исключает применение высокоэффективных теплоизоляционных материалов и изделий.

Кроме того, нормирование приведенного сопротивления теплопередаче усложняет процедуру теплотехнического расчета ограждающих конструкций, поскольку проектировщик ограничен:

- с одной стороны, минимально допустимыми значениями приведенного сопротивления теплопередаче;
- с другой – требуемой характеристикой удельного расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания;
- с третьей – стандартными толщинами традиционных теплоизоляционных изделий.

Это вынуждает проектировщика умышленно снижать влияние теплопроводных включений. В результате нормативные требования по теплозащите зданий обеспечиваются на бумаге, но не достигаются на реальном строительном объекте, что неоднократно подтверждалось натурными измерениями. Таким образом, авторы вынуждены констатировать, что при принятом в СП 50.13330 подходе к расчету ограждающих конструкций на основе приведенного сопротивления теплопередаче дальнейшее совершенствование теплоизоляционных материалов и изделий не имеет практического смысла. Предлагаемый расчет сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций позволяет решить данную проблему и достичь реальных показателей энергосбережения при строительстве зданий.

Литература

1. Горшков А. С., Соколов Н. А. Несоответствие российских и международных стандартов при определении расчетных значений теплопроводности строительных материалов и изделий // Инженерно-строительный журнал. 2013. № 7 (42). С. 7–14.
2. Горшков А. С., Миков В. Л. Проектирование ограждающих конструкций в странах Европейского союза и России // Светопрозрачные конструкции. 2017. № 5 (115). С. 46–54.
3. Ливчак В. И. Почему СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» приводит к снижению энергоэффективности зданий и как выполнить постановление Правительства России об их повышении // Инженерные системы. АВОК Северо-Запад. 2013. № 3. С. 10–27.
4. Перехоженцев А. Г. О необходимости корректировки СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий» // АВОК. 2017. № 8. С. 54–57.
5. Тихомирнов С. И., Шахнес Л. М. Светопрозрачные ограждения в тепловой защите оболочки зданий. Проблемы нормирования и проектирования // Окна, двери, фасады. 2013. № 51. С. 18–37.
6. Горшков А. С., Корниенко С. В. Анализ действующих требований и методик по тепловой защите зданий // Энергосбережение. 2018. № 3. С. 28–37.
7. Горшков А. С. Инженерные системы: Руководство по проектированию, строительству и реконструкции зданий с низким потреблением энергии. СПб: СПбПУ, 2013. 160 с.

«РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ИНЖЕНЕРНЫХ СИСТЕМ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ ОРГАНИЗАЦИЙ»

8. Сормунен П. Энергоэффективность зданий. Ситуация в Финляндии // Инженерно-строительный журнал. 2010. № 1. С. 7–8.

9. Горшков А. С., Ливчак В. И. История, эволюция и развитие нормативных требований к ограждающим конструкциям // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2015. № 3 (30). С. 7–37.

10. Аверьянова О. В., Ольшевский В. Я., Султанов Ш. Т. и др. Теплопроводность изделий из экструзионного пенополистирола после десяти лет хранения // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. 2021. № 5 (268). С. 67–71.

11. Немова Д. В., Спиридонова Т. И., Куражова В. Г. Неизвестные свойства известного материала // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2012. № 1 (1). С. 36–46.

12. Горшков А. С., Пестряков И. И., Корниенко С. В. и др. Фактические теплотехнические характеристики ячеистых бетонов автоклавного твердения // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2018. № 5 (68). С. 75–104.

13. Корниенко С. В. Тестирование метода расчета температурно-влажностного режима ограждающих конструкций на результатах натурных измерений параметров микроклимата помещений // Инженерно-строительный журнал. 2012. № 2 (28). С. 18–23.

14. Корниенко С. В. О применимости методики СП 50.13330.2012 к расчету влажностного режима ограждающих конструкций с мультizonальной конденсацией влаги // Строительство и реконструкция. 2014. № 5 (55). С. 29–37.

15. Vatin N., Korniyenko S. V., Gorshkov A. S. et al. Actual thermophysical characteristics of autoclaved aerated concrete // Magazine of Civil Engineering. 2020. No. 4 (96). Pp. 129–137.

16. Крышов С. И., Курилюк И. С. Оценка теплозащиты наружных ограждающих конструкций зданий // Энергосбережение. 2018. № 3. С. 12–19.

17. Зимин А. Н., Бочков И. В., Крышов С. И., Умнякова Н. П. Сопротивление теплопередаче и температура на внутренних поверхностях светопрозрачных ограждающих конструкций жилых зданий г. Москвы // Жилищное строительство. 2019. № 6. С. 24–29.

18. Крышов С. И., Курилюк И. С. Проблемы экспертной оценки тепловой защиты зданий // Жилищное строительство. 2016. № 7. С. 3–5.

19. Гагарин В. Г. Теплофизические проблемы современных стеновых ограждающих конструкций многоэтажных зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 297–305.

20. Горшков А. С., Ватин Н. И., Корниенко С. В., Пестряков И. И. Соответствие стен из автоклавного газобетона современным требованиям по тепловой защите зданий // Энергосбережение. 2016. № 3. С. 62–69.

21. Васильев Г. П., Жолобецкий Я. Я., Личман В. А. Тепло-технические испытания кладок из различных строительных материалов // Энергосбережение. 2016. № 3. С. 48–61.

22. Крышов С. И., Курилюк И. С. О фактических показателях энергоэффективности зданий. Причины и пути устранения несоответствия нормативам // Энергосбережение. 2018. № 4. С. 38–45. ■



«Рекомендации по проектированию инженерных систем дошкольных образовательных организаций» будут содержать правила проектирования инженерных систем в зданиях дошкольных образовательных организаций, которые обусловлены:

- санитарно-гигиеническими особенностями воздушной среды помещений: наличием в воздухе двуоксида углерода (CO₂), а также инфекций различного происхождения, что определяется особенностью планировочных решений и скученностью большого количества детей в ограниченных объемах помещений;
- наличием газового и теплового дискомфорта и частых вспышек заболеваемости среди детей и персонала, связанных с тем, что основным путем передачи инфекции является воздушная среда;
- особенностями контингента маленьких детей с различным соматическим здоровьем и сниженным иммунным статусом.

Целью настоящих рекомендаций является обеспечение условий микроклимата в помещениях дошкольных образовательных организаций (ДОО), способствующих удобству и безопасности пребывания детей дошкольного возраста и взрослых в здании учреждений в течение дня (или более длительного времени), а также повышению качества услуг по их образованию, воспитанию и физическому развитию. Настоящие рекомендации направлены на улучшение здоровья детей, снижение степени их заболеваемости во время вспышек инфекционных заражений.

Стандарт АВОК 7.11-2024 «Рекомендации по проектированию инженерных систем дошкольных образовательных организаций» развивает положения СП 252.1325800.2016 «Здания дошкольных образовательных организаций. Правила проектирования», СП 251.1325800.2016 «Здания общеобразовательных организаций. Правила проектирования» и является дополнением к требованиям действующих нормативных документов по обеспечению микроклимата в помещениях дошкольных образовательных организаций.

Плановая дата выхода – IV квартал 2024 года.