

Методы повышения тепловой защиты стеновых конструкций зданий

Ю.В. Иванова, И.В. Федорова, С.Ю. Кадокова

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет

Аннотация: Приводится обзор литературы в области строительной теплотехники и нормативных требований по тепловой защите зданий. Проведено исследование методов повышения тепловой защиты для реконструируемых и проектируемых зданий с учётом современных требований. Разработана методология усиления тепловой защиты строительных конструкций.

Ключевые слова: тепловая защита зданий, энергетическая эффективность, теплоэффективные ограждающие конструкции, теплоизоляционные материалы.

Перед строительным комплексом РФ permanently стоит проблема снижения энергозатрат как при производстве строительных материалов и конструкций, так и на эксплуатацию зданий [1–3]. Основным мероприятием по энергосбережению в сфере ЖКХ является тепловая защита зданий, которая остается предметом многочисленных публикаций [4–6].

Требования к энергосбережению и энергоэффективности регламентирует ФЗ № 261 «Об энергосбережении и о повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» (с изменениями на 21 декабря 2021 г.) и другие документы.

Энергетическую эффективность здания можно определить, как отношение полезного эффекта от дополнительного утепления (снижения тепловых потерь) к затраченным денежным средствам на работу по его выполнению [7].

Нормирование и расчет показателей тепловой защиты зданий производится в соответствии с указаниями СП 50.13330.2012 «Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02–2003 (с Изменениями № 1, 2)», введенного 1 июля 2013 г. СП содержит новые для России методики расчета тепловой защиты зданий, гармонизированные с

методиками других стран, что позволяет сравнивать отечественные и зарубежные нормативные требования [8].

СП 50 устанавливает следующие требования к теплозащитной оболочке здания:

а) поэлементное – $R_o^{пр} \geq R_o^{норм}$;

б) комплексное – удельная теплозащитная характеристика здания должна быть не больше нормируемого значения;

в) санитарно-гигиеническое – температура на внутренних поверхностях ограждающих конструкций должна быть не ниже минимально допустимых значений.

Один из способов снижения потребления тепловой энергии – уменьшение тепловых потерь помещениями здания. Нужно представлять структуру энергетического баланса исследуемого объекта и возможности энергосбережения по составляющим баланса.

Баланс теплотерь зависит от многочисленных факторов: года постройки, назначения, этажности здания, типа ограждающих конструкций, их ориентации по сторонам света, региона строительства и т. д. Наибольшие теплотери здания связаны с вентиляцией (18 %), что видно из рис. 1, также теплотери происходят через наружные стены (18 %) и окна (17 %); немаловажное место занимает инфильтрация воздуха (13 %). Снизить эти потери можно благодаря использованию современных оконных и дверных блоков, а также – правильно организовав воздухообмен в помещении.

На сегодняшний день существуют различные технологий по снижению тепловых потерь через ограждающие конструкции, такие, как утепление конструкций снаружи и изнутри здания, применение эффективных теплоизоляционных материалов, располагаемых внутри ограждающих конструкций.



Рис. 1. – Усредненный баланс теплотерь зданиями в процентах

С введением СП 50, требования к тепловой защите зданий оказались ниже, чем в предыдущих нормах. Но здания, построенные по старым нормативам [9], по теплотехническим показателям по-прежнему не соответствуют современным требованиям. Поэтому реконструкция и капитальный ремонт таких зданий, для повышения их энергетической эффективности, актуальны.

Введение новых требований способствовало и развитию различных способов утепления наружных ограждений.

В последние годы в строительной практике нашли применение:

- конструкции с навесными вентилируемыми фасадами из плиточных облицовочных материалов (керамогранит, фасадная плитка и др.);
- конструкции с навесным фасадом со штукатурным слоем по утеплителю;
- трехслойные стеновые панели с эффективной теплоизоляцией внутри и внешним облицовочным слоем из кирпича, плитки и других материалов.

Стали применяться более эффективные утепляющие материалы (экструдированный пенополистирол; минераловатные маты; плиточные

материалы из органических полиэфирных волокон; жидкая теплоизоляция, предназначенная для изоляции фасадов зданий со сложной конфигурацией и др.).

В системах внутренней изоляции применяют минерально-волокнистые теплоизоляционные маты или плиты, плиты из вспененного полистирола, рулонный пенополиэтилен, вспененный каучук, виброзащитные ленты [10].

Во многих случаях утепление зданий изнутри является экономически более выгодным и менее трудоемким по сравнению с внешним утеплением. Внутреннее утепление, в отличие от наружного, не требует специальной защиты от атмосферных воздействий и надежного соединения с основным ограждением. А иногда такое утепление становится единственно возможным вариантом выполнения требований по тепловой защите для зданий сложной конструкции, многоэтажных домов, зданий-памятников архитектуры из-за того, что необходимо сохранить внешний вид [11].

Основная задача исследования заключается в разработке методологии усиления тепловой защиты наружных строительных конструкций здания с помощью дополнительной теплоизоляции, смонтированной внутри стеновых панелей.

Рассмотрим в качестве объекта-представителя жилое помещение в крупнопанельном здании постройки 1990 гг. В помещении имеется наружный угол, примыкающий к неутеплённой лоджии, и простенок между окнами, имеющий шов. Под оконным проемом установлен однорядный стальной панельный радиатор длиной 1200 мм. Наиболее уязвимым местом с точки зрения тепловых потерь являются швы между панелями, несмотря на ежегодную мастичную герметизацию. Трудно требовать от промышленного альпиниста, находящегося в неустойчивом положении, качественной работы по уплотнению межшовного пространства. Очевидно, что эти пространства являются источником рассеяния тепловой энергии за счёт инфильтрации

воздуха. Другим источником дополнительных тепловых потерь, учитываемых при подборе радиаторов, является часть стены, расположенная за тыльной стороной отопительных приборов.

Методологической основой исследования является теория теплопередачи и практические положения строительной физики. Следует заметить, что целью усиления теплозащиты в локальных зонах стены не является достижение современного уровня коэффициента сопротивления теплопередаче. Необходимо только исключить возможность образования отдельных зон конденсации водяного пара на внутренних стеновых поверхностях в отдельные сутки отопительного периода.

Наиболее простым техническим решением является устройство слоя эффективной теплоизоляции (пенопласт, базальтовая плита, пенополиуретан), закрытой фанерным или гипсокартонным листом с последующей оклейкой обоями [12-14].

Но использование таких теплоизоляторов в качестве дополнительного слоя весьма проблематично, из-за того, что материалы из минеральной ваты и стекловолокна, обладая высокой гигроскопичностью, при увлажнении значительно снижают своё термическое сопротивление. Удалить же влагу в случае её попадания во внутреннюю полость панели практически невозможно [11].

Некоторые полимерные теплоизоляторы пожароопасны, и потребитель не всегда знает об этом. При горении они выделяют вещества, вредные для здоровья. Это относится и к изделиям на минерально-волокнистой основе, когда при их изготовлении в качестве связующего используют фенолоспирты, составы на базе битума и прочих органических материалов.

Помимо этого, в процессе эксплуатации происходят старение и разрушение полимера с выделением вредных для здоровья человека веществ, а оценить состояние теплоизоляционного материала, находящегося внутри

панели, невозможно. В теплоизоляции (особенно минераловатной), уложенной в пристенный слой панели, происходят систематическое кондиционное увлажнение, диффузия водяных паров, и при этом проблема вентилирования не решена. Это приводит к постепенному расшатыванию структуры утеплителя и разложению в щелочной среде волокон плиты в поверхностном слое и, в конечном счёте, утеплитель полностью разлагается. Также на утеплитель воздействуют следующие атмосферно-климатические факторы: замораживание и оттаивание, колебания температуры, увлажнение, высушивание, карбонизация. Они существенно ухудшают теплоизоляционные свойства.

Таким образом, необходимо обеспечить пожарную и гигиеническую безопасность, удаление влаги, накапливающейся в отдельные периоды эксплуатации помещений, особенно – в кухнях и ванных комнатах.

В качестве технических решений, позволяющих уменьшить конвективную, теплопроводную и лучистую составляющие, следует использовать:

- воздух – как теплоизолирующую прослойку;
- перегородки, как составляющие конструкции, исключая свободное перемещение воздуха;
- а также – отражающие лучистую энергию поверхности.

Следовательно, основой дополнительной утепляющей панели является узкая, не более 10 мм, воздушная прослойка между основной стеновой конструкцией и тонкостенной (5 мм) гипсокартонной панелью. Для исключения конвекционного движения воздуха следует использовать гигиенически приемлемый и негорючий материал. В качестве такого материала может использоваться алюминиевая фольга, уложенная в воздушную прослойку особым образом, а именно – волнообразно с просветом не более 5 мм, причём волны располагаются не параллельно полу,

а с наклоном примерно 45° , что обеспечивает перекрытие толщины панели не менее трёх раз.

Для определения теплотехнических характеристик предложенной конструкции был проведён натурный эксперимент на существующем здании со стенами из керамзитобетона с плотностью $\rho = 800 \text{ кг/м}^3$, коэффициентом теплопроводности $\lambda = 0,31 \text{ Вт/м}\cdot^\circ\text{С}$ и термическим сопротивлением стены $R_{\text{ст}} = 0,97 \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт}$, что соответствует показателям строительных конструкций домов массовых серий, которые и требуют дополнительных мероприятий по усилению отдельных фрагментов стены внутри помещения.

Результаты расчёта коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности утеплительной панели приведены нами по рекомендациям профессора В. Н. Богословского (табл. 1).

Как видно из результатов, значения коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности $\alpha_{\text{в}}$ отличаются от значений, предложенных нормативными документами [15].

На основании полученных результатов было определено термическое сопротивление и коэффициент теплопроводности экспериментальных утеплительных панелей.

Тепловой поток через конструкцию «стена – панель» определялся, как:

$$Q = \alpha_{\text{в}} (t_{\text{в}} - t_{\text{пан}}), \text{ Вт/м}^2.$$

Термическое сопротивление данной конструкции определялось выражением:

$$R = \frac{t_{\text{пан}} - t_{\text{н}}}{q}, \text{ м}^2\cdot^\circ\text{С/Вт}. \quad (1)$$

Таблица № 1

Результаты расчёта коэффициента теплоотдачи внутренней поверхности
утеплительной панели и наружной стены

№ измерения	Исходные данные			Расчётные величины		
	$t_{из}, ^\circ\text{C}$	$t_{в}, ^\circ\text{C}$	$t_{пан}, ^\circ\text{C}$	$\Delta t, ^\circ\text{C}$	$\alpha_{к}, \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$	$\alpha_{в}, \text{Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$
1	2	3	4	5	6	7
1	3	19,5	18,3	1,2	1,8	6,7
2	-13	17,0	15,1	1,9	2,1	7,0
3	-7	18,6	17,0	1,6	1,9	6,8
4	-2	18,7	17,4	1,3	1,8	6,7
5	-6	18,6	16,9	1,7	2,0	6,9
6	4	19,6	18,4	1,2	1,8	6,7
7	1	19,3	18,1	1,2	1,8	6,7
8	0	19,3	17,9	1,4	1,9	6,8
9	-3	18,8	17,3	1,5	1,9	6,8
10	-6	18,5	16,9	1,6	1,9	6,8
11	-12	17,2	15,3	1,9	2,1	7,0
12	2	19,1	18,1	1,0	1,7	6,6
13	5	19,7	18,5	1,2	1,8	6,7
14	1	19,4	18,0	1,4	1,9	6,8
15	2	19,5	18,1	1,4	1,9	6,8
16	-3	19,0	17,5	1,5	1,9	6,8
17	-6	18,8	17,1	1,7	2,0	6,9
18	-8	18,5	17,0	1,5	1,9	6,8

Термическое сопротивление дополнительной панели определялось как разница между значением R , полученным по формуле (1) и исходным значением $R_{ст} = 0,97 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$. Откуда условный коэффициент теплопроводности, отнесённый к толщине дополнительного утепления составит $\lambda = \delta/R$.

В результате расчетов получены средние термические сопротивления и средний коэффициент теплопроводности утеплительной конструкции: $R = 0,8 \text{ м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$ и $\lambda = 0,038 \text{ Вт/м}^2 \cdot ^\circ\text{C}$. Следовательно, её можно безопасно и бюджетно применять в конкретных случаях [11].

Выводы

1. Проведено исследование методов повышения тепловой защиты для реконструируемых и проектируемых зданий с учётом современных требований.

2. Показано, что кроме наружного усиления тепловой защиты зданий по результатам тепловизионного обследования необходимо производить и локальные ремонты отдельных участков стен с их внутренней стороны.

3. Предложена пожаробезопасная и экологичная конструкция дополнительного утепления внутри здания.

4. Произведен натурный эксперимент, позволивший определить теплотехнические характеристики дополнительной ограждающей конструкции.

Литература

1. Васильев Г.П., Личман В.А. Эффективный уровень теплозащиты зданий с учетом стоимости жизненного цикла // АВОК. 2015. №6. С. 54–63.

2. Горшков А.С. Об окупаемости инвестиций на утепление фасадов существующих зданий // Энергосбережение. 2014. №4. С. 12–19.

3. Горшков А.С., Муравьев П.А., Таракин А.В. Повышение уровня изоляции наружных стен малоэтажного дома // Энергосбережение. 2016. №8. С. 30–35.

4. Табунщиков Ю.А., Ковалев И.А. Особенности оптимизации толщины утеплителя наружных стен здания. Системные аспекты // Энергосбережение. 2017. №8. С. 22–32.

5. Ливчак В.И. Предложения по нормированию требований повышения энергоэффективности зданий нового строительства и жилищного фонда России // Энергосбережение. 2021. №7. С. 20–25.

6. Горшков А.С., Корниенко С.В. Анализ действующих требований и методик по тепловой защите зданий // Энергосбережение. 2018. № 3. С. 28–34.

7. Стахов А.Е., Фролькис В.А., Кадокова С.Ю., Андреев А.А. Экономико-математический анализ тепловой защиты здания // Вестник гражданских инженеров. 2019. № 4 (75). С. 107–112.

8. Гагарин В. Г. Проблемы нормирования теплозащиты и потребления энергии в строительстве // Материалы семинара «Проблемы нормирования энергоэффективности и энергосбережения в строительстве». 27.10.2015. URL: faufcc.ru/upload/iblock/dc9/normirovanie-teplozashchity-i-energopotrebleniya.pdf

9. Иванова Л. В. Развитие нормативных требований к тепловой защите зданий // Архитектура и дизайн. 2020. № 1. С. 33–44.

10. Жуков А.Д., Боброва Е.Ю., Бессонов И.В. Строительные системы и особенности применения теплоизоляционных материалов // Жилищное строительство. 2015. № 7. С. 49–51.

11. Иванова Ю.В. Разработка внутренних утеплительных панелей для наружных стен реконструируемых зданий: диссертация кандидата техн. наук. СПб.: СПбГАСУ, 2002. 171 с.

12. Korniyenko S. Evaluation of thermal performance of residential building envelope // Procedia Engineering. 2015. № 117. pp. 191–196.

13. Pargana N., Pinheiro M.D., Silvestre J.D., de Brito J. Comparative environmental life cycle assessment of thermal insulation materials of buildings // Energy and Buildings. 2014. № 82. pp. 466–481.

14. Абрамян С.Г., Михайлова Н.А., Котляревский А.А., Семочкин В.О. Теплоизоляционные материалы, обеспечивающие энергоэффективность фасадных систем // Инженерный вестник Дона, 2018, № 4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_154_Abramian.pdf_950c05b27b.pdf



15. Руденко Н.Н., Фурсова И.Н. Влияние нестационарных тепловых условий на определение термического сопротивления ограждения // Инженерный вестник Дона, 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2079

References

1. Vasil'yev G.P., Lichman V.A. AVOK. 2015. № 6. pp. 54–63.
2. Gorshkov A.S. Energoberezheniye. 2014. №4. pp. 12–19.
3. Gorshkov A.S., Murav'yev P.A., Tarakin A.V. Energoberezheniye. 2016. №8. pp. 30–35.
4. Tabunshchikov YU.A., Kovalev I.A. Energoberezheniye. 2017. №8. pp. 22–32.
5. Livchak V.I. Energoberezheniye. 2021. №7. pp. 20–25.
6. Gorshkov A.S., Korniyenko S.V. Energoberezheniye. 2018. № 3. pp. 28–34.
7. Stakhov A.E., Frol'kis V.A., Kadokova S.YU., Andreyenko A.A. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2019. № 4 (75). pp. 107–112.
8. Gagarin V. G. Problemy normirovaniya teplozashchity i potrebleniya energii v stroitel'stve. Materialy seminarov «Problemy normirovaniya energoeffektivnosti i energoberezheniya v stroitel'stvE» 27.10.2015. URL: faufcc.ru/upload/iblock/dc9/normirovanie-teplozashchity-i-energopotrebleniya.pdf
9. Ivanova L. V. Arkhitektura i dizayn. 2020. № 1. pp. 33–44.
10. Zhukov A.D., Bobrova YE.YU. Zhilishchnoye stroitel'stvo. 2015. № 7. pp. 49–51.
11. Ivanova YU.V. Razrabotka vnutrennikh uteplitel'nykh paneley dlya naruzhnykh sten rekonstruiruyemykh zdaniy: dissertatsiya kandidata tekhn. nauk [Development of internal insulation panels for exterior walls of reconstructed



buildings: dissertation of the candidate of technical sciences]. SPb.: SPBGASU, 2002. 171 p.

12. Korniyenko S. Procedia Engineering. 2015. № 117. pp. 191–196.

13. Pargana N., Pinheiro M.D., Silvestre J.D., de Brito J. Energy and Buildings. 2014. № 82. pp. 466–481.

14. Abramyan S.G., Mikhaylova N.A., Kotlyarevskiy A.A., Semochkin V.O. Inzhenernyj vestnik Dona, 2018, № 4. URL: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_154_Abramian.pdf_950c05b27b.pdf

15. Rudenko N.N., Fursova I.N. Inzhenernyj vestnik Dona, 2013, № 2. URL: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n4y2013/2079