

К вопросу о повышении точности оценки тепловой защиты зданий

Т.А. Дацюк, А.Н. Соколов

Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный
университет, Санкт-Петербург, Россия

Аннотация: В статье отмечены проблемные моменты, связанные с точностью расчетов и измерений теплозащитных свойств многослойных ограждающих конструкций. Рассмотрены варианты, направленные на повышение точности расчетов, такие как применение численного моделирования для расчета температурных полей конструкций, использование испытательного оборудования, камеры «хот-бокс», для определения коэффициентов теплопередачи фрагментов конструкций и повышения точности измерений. Приведено описание установки «хот-бокс», обоснована точность измерений, которая в 3 раза выше, чем в обычно применяемых климатических камерах.

Ключевые слова: измерение коэффициента теплопередачи, тепловая защита зданий, энергосбережение, точность измерений, калориметрический метод измерений, установка «хот-бокс»

При проектировании новых и реновации существующих объектов жилищного строительства выбор конструктивных решений наружных ограждающих конструкций является одной из наиболее важных задач с позиции обеспечения требуемых показателей энергетической эффективности [1–4]. Кроме того, необходимо отметить, что, согласно требованиям п.7, утвержденного Приказом Минстроя России от 17.11.2017 г. №1550/пр, с 1.01.2023 г. удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию для вновь строящихся зданий снижена на 40% от значений, приведенных в приложении 2, что требует всестороннего анализа проектных решений и повышения точности измерений теплотехнических характеристик.

Расчетная удельная характеристика расхода тепловой энергии на отопление и вентиляцию здания, $q_{от}^p$, Вт/(м³·°C) определяется в соответствии с приложением Г СП 50.13330:

$$q_{от}^p = [k_{об} + k_{вент} - \beta_{КПИ}(k_{быт} + k_{рад})] \quad (1)$$

где $k_{об}$ – удельная теплозащитная характеристика здания, Вт/(м³·°C); $k_{вент}$ – удельная вентиляционная характеристика здания, Вт/(м³·°C); $k_{быт}$ – удельная

характеристика внутренних теплопоступлений здания; k_{rad} – удельная характеристика теплопоступлений в здание от солнечной радиации, $\text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$; k_{reg} – коэффициент эффективности регулирования подачи теплоты в системах отопления; n_e – средняя кратность воздухообмена, ч^{-1} .

Поскольку величина q_{om}^p нормируется, то весьма важно выполнить ее расчет с максимально возможной точностью. Анализ большого количества энергетических паспортов жилых зданий показал, что доля удельной теплозащитной характеристики в энергопотреблении здания составляет порядка 45-50% [5]. При этом следует отметить, что сокращение трансмиссионных теплопотерь осуществить на практике легче за счет выбора утеплителя и его толщины, чем вентиляционных [6-7].

В современном строительстве в основном применяются многослойные неоднородные конструкции, которые включают много разного рода металлических элементов (точечных и линейных), учет которых при расчете сопротивления теплопередачи весьма сложен [8-10]. Для повышения точности расчетов приведенного сопротивления теплопередаче элементов конструкций согласно СП 50.13330 рекомендуется проводить расчет температурных полей с применением программных пакетов типа Ansys. В качестве примера на рис.1 приведены результаты расчета температурного поля панели с теплопроводными элементами. Применение численного моделирования позволяет учесть линейные теплопотери и уточнить значения приведенного сопротивления теплопередаче.

Для ориентировочных расчетов приведенного сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций используется программный продукт «Window» – «Therm». Однако расчетные значения теплотехнических характеристик светопрозрачных конструкций требуют экспериментального подтверждения, которое проводится в сертифицированных испытательных

лабораториях в соответствии с действующими ГОСТ на проведение испытаний.

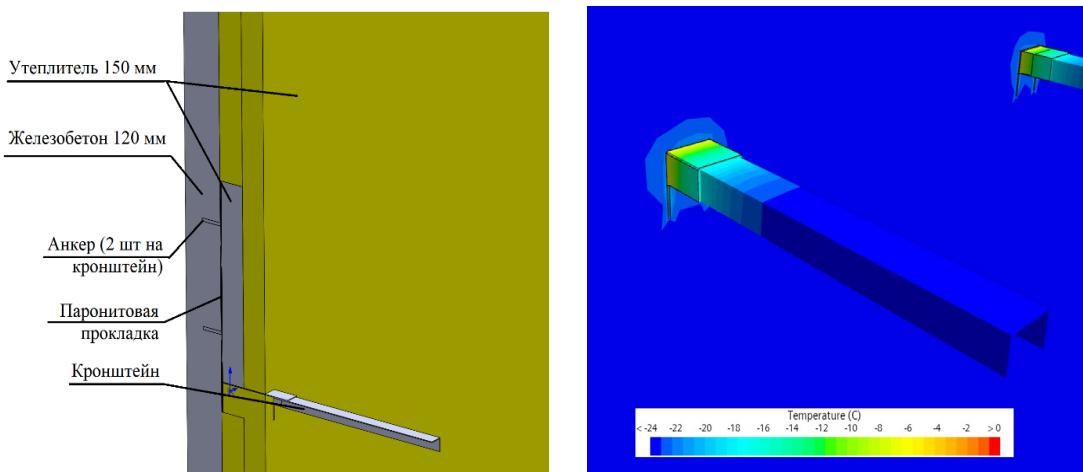


Рис. 1. – Температурное поле фрагмента плиты с теплопроводными включениями

Однако практика показала, что для сложных или светопрозрачных конструкций для корректного определение значений приведенного сопротивления теплопередачи (коэффициента теплопередачи) требуется не только расчет температурных полей, но и проведение лабораторных испытаний. Приведенные значения сопротивления теплопередаче светопрозрачных конструкций в РФ определяются в климатических камерах (КК), при обеспечении нормативных температурных требования для зимнего периода региона строительства. Однако при испытаниях в КК сложно корректно измерить линейные теплопотери, которые имеют место в местах контакта стеклопакета и профиля, а также обеспечить коэффициенты теплообмена на поверхностях конструкции согласно СП 50.13330, что в свою очередь, оказывает влияние на точность экспериментальных значений приведенного сопротивления теплопередаче [11-12].

Кроме того, при проведении испытаний в КК результаты зависят от человеческого фактора, так как места расположения датчиков и качество их установки обусловлено опытом работы. За рубежом при проведении теплотехнических испытаний определяются коэффициенты теплопередачи конструкций с учетом дополнительных элементов. Для этих целей используются герметичные установки – «хот-бокс», где реализуется калориметрический метод испытаний (рис.2).



Рис. 2. – Климатическая камера «хот-бокс» для определения коэффициента теплопередаче

В испытательном Центре СПб ГАСУ (сектор физико-технических испытаний строительных конструкций) создан испытательный стенд КТК-1200, предназначенный для исследований теплотехнических и теплофизических параметров образцов строительных конструкций и стеклопакетов. Метрологическая часть КТК-1200 разработана «ВНИИМ им. Д. И. Менделеева». В соответствии с ГОСТ Р 8.568 стенд прошел аттестацию Росстандарта. В стенде КТК-1200 используются средства электрических,

температурных и теплофизических измерений, аналогичные тем, что применяют в государственном первичном эталоне теплопроводности и термического сопротивления ГЭТ59–2016, случайная составляющая погрешности которого – 2%, а неисключенная систематическая погрешность – 0,6% [13]. Кроме того, стенд КТК–1200 позволяет проводить теплофизические измерения при помощи термопар и тепломеров. Случайная составляющая относительной погрешности измерений определяется экспериментально и не превышает значений 0,8–1,0 %. Для реализации калориметрического метода разработан ГОСТ Р 70723–2023.

Литература

1. Иванчук, Е. В. К вопросу повышения энергетической эффективности жилых домов // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2151.
2. Гнездилова О.А. Анализ энергоэффективности многослойных ограждающих конструкций с различными теплоизоляционными материалами // Анализ современной науки и образования. 2013. № 5 (72). С.48-53.
3. Отчин В.Е. Эффективность применения многослойных наружных стен в многоэтажном строительстве// Вестник науки 2025. т.3. №6 (87). С. 2079 - 2093. ISSN 2712-8849 // URL: вестник-науки.рф/article/24465
4. Гликин, С. М. Роль светопрозрачных конструкций в энергосбережении зданий // Academia. Архитектура и строительство. 2009. № 5. С. 381-384. EDN MTPEDV.
5. Дацюк, Т.А., Гримитлин А.М., Анисимов С. М., Цыганков А.В. Трансмиссионные и инфильтрационные теплопотери жилых зданий // Вестник гражданских инженеров. 2021. № 6(89). С. 115-120. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-115-120. EDN FAMYON.

6. M. Ozel, K. Pihtili Optimum location and distribution of insulation layers on building walls with various orientations // Journal of Building and Environment, 2007. № 42. pp. 3051-3059.
7. K Comakli, B. Yuksel, Optimum insulation thickness of external walls for energy saving //Journal of Applied Thermal Engineering. 2003.№ 23. pp. 473-479.
8. Голова Т.А., Андреева Н.В. Анализ методов расчета слоистых пластин и оболочек для расчета многослойных конструкций // Вестник Евразийской науки, 2019. №5. URL: esj.today/PDF/41SAVN519.pdf.
9. Саргсян С.В., Агафонова В.В. Учет влияния неоднородностей в стеновой панели на величину сопротивления теплопередаче // Вестник МГСУ. 2024. т.19. № 4. С.631-644. URL: doi.org/10.22227/1997-0935.2024.4.
10. Шеина, С. Г., А. Н. Миненко Анализ и расчет "мостиков холода" с целью повышения энергетической эффективности жилых зданий // Инженерный вестник Дона. 2012. №4. ч.1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1097.
11. Елдашов, Ю. А., Сесюнин С. Г. Влияние процесса теплообмена у наружной поверхности стены на температуру внутренней поверхности оконного блока // Жилищное строительство. 2007. № 8. С. 25-27. EDN IATKWF.
12. Гутора, Т. В., Верховский А.А. Стандартные ошибки при проектировании и проведении теплотехнических расчетов конструкций фасадных светопрозрачных (КФС) // Светопрозрачные конструкции. 2025. № 2(152). С. 34-41. EDN IMIMHK.
13. Соколов Н.А. Новое поколение систем измерения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций // Светопрозрачные конструкции 2002. № 1. С. 62-63.



References

1. Ivanchuk, E. V. Inzenernyj vestnik Dona, 2013. № 4. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4y2013/2151.
2. Gnedilova O.A. Analiz sovremennoi nauki i obrazovaniya. 2013. № 5 (72). pp.48-53.
3. Otochin V.E. Vestnik nauki. 2025. №6 (87) v. 3. pp. 2079 -2093. ISSN 2712-8849. URL: вестник-науки.рф/article/24465
4. Glikin, C. M. Academia. Arkhitektura i stroitel'stvo. 2009. № 5. pp. 381-384. EDN MTPEDV.
5. Dacyuk, T.A., Grimitlin A.M., Anisimov S. M., Cygankov A. V. Vestnik grazhdanskikh inzhenerov. 2021. № 6(89). pp. 115-120. DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-6-115-120. EDN FAMYON.
6. M. Ozel, and K. Pihtili Journal of Building and Environment, 2007. №42. pp. 3051-3059.
7. K Comakli B., Yuksel Journal of Applied Thermal Engineering. 2003. №23. pp. 473-479.
8. Golova T.A., Andreeva N.V. Vestnik Evraziiskoi nauki. 2019 №5. URL: esj.today/PDF/41SAVN519.pdf.
9. Sargsyan S.V., Agafonova V.V. Vestnik MGSU.v.19. № 4. 2024. pp.631-644. URL: doi.org/10.22227/1997-0935.2024.4.
10. Sheina, S. G., Minenko A. N. Inženernyj vestnik Dona, 2012. №4. ch. 1. URL: ivdon.ru/magazine/archive/n4p1y2012/1097.
11. Eldashov, Y.U. A. Zhilishchnoe stroitel'stvo. 2007. № 8. pp. 25-27. EDN IATKWF.
12. Gutora, T.V., Verkhovskii A.A. Svetoprotzrachnye konstrukcii. 2025. № 2(152). pp. 34-41. EDN IMIMHK.
13. Sokolov N.A. Svetoprotzrachnye konstrukcii. 2002. № 1. pp. 62-63.

Дата поступления: 1.12.2025

Дата публикации: 6.02.2026
