
ТЕПЛОСНАБЖЕНИЕ, ВЕНТИЛЯЦИЯ, КОНДИЦИОНИРОВАНИЕ ВОЗДУХА, ГАЗОСНАБЖЕНИЕ И ОСВЕЩЕНИЕ

УДК 699.86

DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.1

Ю.С. ВЫТЧИКОВ
М.Е. САПАРЁВ

МЕТОД РАСЧЕТА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ, УТЕПЛЕННЫХ ЭКРАННОЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИЕЙ

METHOD OF CALCULATION OF THERMAL PROPERTIES FOR BUILDING ENVELOPES WITH SCREEN INSULATION

В рамках реализации мер по осуществлению энерго- и ресурсосбережения в сфере строительства представлена перспектива применения экранной тепловой изоляции при утеплении наружных ограждений зданий и воздуховодов систем вентиляции и кондиционирования. Обзор проблемы применения материалов экранной тепловой изоляции в строительных ограждениях и при утеплении воздуховодов показал, что в настоящее время отсутствует методика теплотехнического расчета подобных конструкций, которая оказалась бы применима в инженерной практике. С целью получения достоверных данных о теплозащитных свойствах материалов экранной теплоизоляции на основе вспененного полиэтилена проведен физический эксперимент по определению коэффициентов теплопроводности и результаты исследования представлены в статье. На основе обработки экспериментальных и расчетных данных предложена уточненная методика теплотехнического расчета ограждающих конструкций зданий и воздуховодов, утепленных экранной теплоизоляцией.

Ключевые слова: ограждающая конструкция, экранная изоляция, воздушная прослойка, теплотехнический расчет, тепловой поток, термическое сопротивление, коэффициент теплопроводности.

Реализация мер по повышению теплозащитных характеристик ограждающих конструкций зданий и сооружений в рамках федерального закона № 261-ФЗ «Об энергосбережении и повышении энергетической эффективности и о внесении изменений в отдельные законодательные акты Российской Федерации» связана с их утеплением [1-7]. В настоящее

The present research is performed in the framework of energy and resources conservation measures promotion in civil engineering. It introduces the perspectives of using thermal isolation in outer building envelopes and in air ventilation and conditioning systems insulation. The paper analyses the use of thermal screen isolation in building envelopes and air ventilation systems and proves that at the moment there is no methodology able to calculate these constructions in the existing engineering practice. The authors conducted a physical experiment to get reliable data on thermal screen isolation properties taking expanded polyethylene as a sample material. The results of the experiment as well as the obtained thermal conduction coefficient are presented in the paper. On the basis of the numerical data the authors introduce a verified methodology of calculation of thermal properties for building envelopes with screen insulation.

Key words: building envelope, screen isolation, air layer, thermotechnical calculation, thermal flow, thermal resistance, thermal conduction coefficient.

время в качестве утеплителей широко применяются эффективные полимерные теплоизоляционные материалы. Однако их использование в качестве среднего слоя в трехслойных стеновых конструкциях может привести в ряде случаев к накоплению влаги [8].

При утеплении ограждающих конструкций не стоит пренебрегать альтернативными вариантами,

Таблица 1

Сведения о теплоизоляционных материалах из вспененного полиэтилена

Материал	Толщина материала, мм	Теплопроводность материала λ_m , Вт/(м·°С)	Термическое сопротивление материала R_m , (м ² ·°С)/Вт
Пенофол	3	0,033	0,091
	4		0,121
	5		0,152
	8		0,242
	10		0,303
Теплофол	3	0,037	0,081
	4		0,108
	5		0,135
	8		0,216
	10		0,270
Порилекс	3	0,045	0,067
	4		0,089
	5		0,111
	8		0,178
	10		0,222
Aluthermo QUATRO	10	0,039	0,256

связанными с применением экранной тепловой изоляции. Преимущество отражающей теплоизоляции заключается в возможности эффективного использования в качестве утеплителя невентилируемых воздушных прослоек [9-11]. Применение подобных материалов при утеплении ограждающих конструкций ограничено в связи с отсутствием данных по их теплозащитным свойствам и инженерной методике теплотехнического расчета указанных выше конструкций.

С целью получения достоверной информации по теплозащитным свойствам экранной тепловой изоляции [12] в Самарском государственном архитектурно-строительном университете был проведен ряд экспериментальных исследований по определению термического сопротивления подобных материалов. Значения коэффициентов теплопроводности и термических сопротивлений материалов на основе вспененного полиэтилена, экранированного алюминиевой фольгой, представлены в табл. 1.

Отсутствие инженерной методике теплотехнического расчета ограждающих конструкций, утепленных с применением экранной тепловой изоляции, связано с особенностями сложного теплообмена через воздушную экранированную прослойку [13-15]. Обзор литературы, посвященной данной проблеме [16, 17], показал, что имеющиеся методики теплотехнического расчета, которые учитывают все составляющие теплопередачи через замкнутую воздушную прослойку, сопряжены с большим объемом вычислений [18].

В настоящее время возникает необходимость в разработке методики теплового расчета, которая оказалась бы приемлемой для практического применения при проектировании тепловой защиты зданий и сооружений. Прежде всего, такая методика должна основываться не только на теоретическом описании процесса теплопередачи через замкнутую воздушную прослойку [19-21], но и учитывать экспериментальные данные по термическим сопротивлениям воздушных прослоек и материалов экранной теплоизоляции.

Методика теплотехнического расчета строительных ограждающих конструкций, предложенная авторами, заключается в следующем:

1. Определяется приведенное сопротивление теплопередаче ограждающей конструкции по формуле

$$R_0^{np} = R_0^{ysl} r, (m^2 \cdot ^\circ C) / Bm, \quad (1)$$

где R_0^{ysl} – сопротивление теплопередаче гладкой наружной стены, (м²·°С)/Вт; r – коэффициент теплотехнической однородности, определяется по ГОСТ 26254-84 или СТО 00044807001-2006.

$$R_0^{ysl} = \frac{1}{\alpha_b} + \sum R_i + \frac{1}{\alpha_n}, (m^2 \cdot ^\circ C) / Bm, \quad (2)$$

где α_b, α_n – коэффициенты теплоотдачи внутренней и наружной поверхностей рассматриваемой конструкции соответственно, Вт/(м²·°С); R_i – термическое сопротивление i -го слоя конструкции, (м²·°С)/Вт, вычисляется по формуле

$$R_i = \frac{\delta_i}{\lambda_i}, \quad (3)$$

где δ_i – толщина i -го слоя конструкции, включая воздушную прослойку, м; λ_i – коэффициент теплопроводности i -го слоя конструкции, Вт/(м²·°С).

2. Термическое сопротивление экранированной воздушной прослойки определяется с помощью эмпирических формул (4) - (6), полученных на основе обобщения экспериментальных и расчетных данных, а также графиков зависимости термического сопротивления от толщины воздушной прослойки, представленных на рис. 1-3.

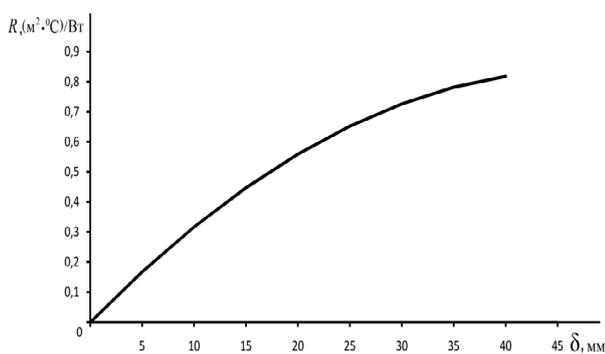


Рис. 1. Зависимость термического сопротивления горизонтальной воздушной прослойки от её толщины при направлении теплового потока сверху-вниз

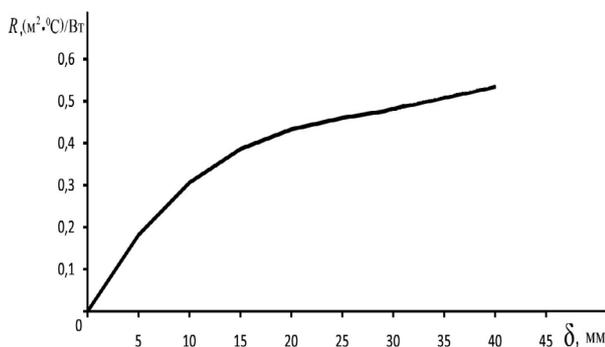


Рис. 2. Зависимость термического сопротивления вертикальной воздушной прослойки от её толщины

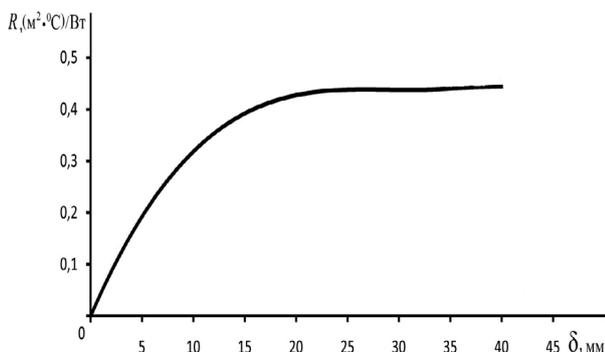


Рис. 3. Зависимость термического сопротивления горизонтальной воздушной прослойки от её толщины при направлении теплового потока снизу-вверх

Термические сопротивления экранированных замкнутых воздушных прослоек можно рассчитать по следующим формулам:

– для горизонтальных воздушных прослоек при направлении теплового потока сверху-вниз

$$R_g = 0,0355\delta - 3,76 \cdot 10^{-4}\delta^2; \quad (4)$$

– для вертикальных воздушных прослоек

$$R_g = 1,667 \cdot 10^{-5}\delta^3 - 0,0015\delta^2 + 0,043\delta; \quad (5)$$

– для горизонтальных воздушных прослоек при направлении теплового потока снизу-вверх

$$R_g = 1,844 \cdot 10^{-5}\delta^3 - 0,0016\delta^2 + 0,046\delta, \quad (6)$$

где R_g – термическое сопротивление экранированной замкнутой воздушной прослойки, (м²·°С)/Вт; σ – толщина воздушной прослойки, мм.

Выводы. 1. На основе обработки экспериментальных и расчетных данных получены аналитические зависимости для определения термического сопротивления замкнутых экранированных воздушных прослоек при различных направлениях вектора теплового потока через них.

2. Получена методика теплотехнического расчета, позволяющая облегчить определение приведенного сопротивления ограждающих конструкций, утепленных экранной теплоизоляцией.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Кудинов И.В., Радченко В.П. Получение аналитических решений нелинейных задач теплопроводности на основе введения дополнительных граничных условий // Вестник Самарского государственного технического университета. Серия: Физико-математические науки. 2010. № 1 (20). С. 162-170.
2. Корепанов Е.В. Конвективный теплообмен в воздушных полостях ограждающих конструкций здания // Научные труды SWorld. Одесса, 2015. Т. 19. № 2. С. 32-37.
3. Умнякова Н.П. Теплозащита замкнутых воздушных прослоек с отражательной теплоизоляцией // Строительные материалы. 2014. №1-2. С. 16-20.
4. Кобелев В.Н., Щедрин П.Ю., Щедрина Г.Г., Кобелева О.Ю. Особенности теплообмена воздушных прослоек из панелей с внутренними криволинейными канавками // Известия Юго-Западного государственного университета. Курск: ЮЗГУ, 2012. № 5-2 (44). С. 132-136.
5. Фокин К.Ф. Строительная теплотехника ограждающих частей зданий. М.: АВОК-ПРЕСС, 2006. 256 с.
6. Дрейцер Г.А. Теплообмен при свободной конвекции. М.: Изд-во МАИ, 2002. 97 с.
7. Лепилов В.И., Фокин В.М., Бойков Г.П. Расчет температуропроводности систем экранирования в условиях вакуума // Вестник ВолгГАСУ. Серия: Технические науки. Вып. 6. Волгоград: ВолгГАСУ, 2006. С. 190-193.
8. Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е. Повышение теплозащитных характеристик керамзитобетонных огражда-

ющих конструкций с помощью экранной тепловой изоляции // Строительные материалы. 2013. №11. С. 12-15.

9. *Вытчиков Ю.С., Беляков И.Г.* Исследование влажностного режима строительных ограждающих конструкций с помощью метода безразмерных характеристик // Известия высших учебных заведений. Строительство. Новосибирск, 1998. № 3. С. 76-79.

10. *Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е.* Оценка влажностного режима утепленной наружной стены Самарского государственного театра драмы после его реконструкции // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 72-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2015. С. 211-215.

11. *Зеленцов Д.В., Ромейко М.Б.* О тепловлажностном режиме в индивидуальном плавательном бассейне // Научное обозрение. 2014. № 4. С. 84-89.

12. *Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е.* Исследование теплозащитных характеристик замкнутых воздушных прослоек в строительных ограждающих конструкциях с применением экранной теплоизоляции // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. №1(14). С. 98-102. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.01.17.

13. *Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е.* Повышение теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций зданий и сооружений культурного и исторического наследия // Промышленное и гражданское строительство. 2014. № 3(16). С. 52-55.

14. *Павлова Л.В.* Качество и надежность теплозащиты зданий // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №4(13). С. 99-105. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.04.17.

Об авторах:

ВЫТЧИКОВ Юрий Серафимович

кандидат технических наук, профессор кафедры общей и прикладной физики и химии Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел.: (846)339-14-76

САПАРЁВ Михаил Евгеньевич

кандидат технических наук, доцент кафедры теплогазоснабжения и вентиляции Самарский государственный архитектурно-строительный университет
443001, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 194, тел.: (846)337-81-03

15. *Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е.* Исследование термического сопротивления экранной тепловой изоляции // Традиции и инновации в строительстве и архитектуре: материалы 69-й Всероссийской научно-технической конференции по итогам НИР / СГАСУ. Самара, 2012. С. 298-300.

16. *Кудинов А.А.* Теплообмен. М.: ИНФРА-М, 2014. 375 с.

17. *Кудинов И.В., Абишева Л.С., Бранфилёва А.Н.* Исследование сложного теплообмена в многослойной цилиндрической конструкции, включающей энерго-сберегающие газовые прослойки // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2014. №3(16). С. 90-95. DOI: 10.17673/Vestnik.2014.03.16.

18. *Корниенко С.В.* Многофакторная оценка теплового режима в элементах оболочки здания // Инженерно-строительный журнал. СПб., 2014. №8. С. 25-37.

19. *Гордеева Т.Е., Зеленцов Д.В.* Улучшение тепло-влажностного режима жилого помещения // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2013. №2(10). С. 94-96. DOI: 10.17673/Vestnik.2013.02.16.

20. *Лепилов В.И.* Исследование коэффициента температуропроводности системы экранов для ограждающих конструкций // Качество внутреннего воздуха и окружающей среды: материалы V Международной научной конференции. Волгоград, 2007. С. 232-235.

21. *Кудинов И.В., Кудинов В.А., Котова Е.В., Кузнецова А.Э.* Обобщение функции в задачах теплопроводности для многослойных конструкций // Теплофизика высоких температур. 2013. Т. 51, № 6. С. 912-922.

VYTCHEKOV Yuri

PhD in Engineering Science, Professor of the General and Applied Physics and Chemistry Department
Samara State University of Architecture and Civil Engineering
43001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 194
tel.: (846)339-14-76

SAPAREV Mikhail

PhD in Engineering Science, Associate Professor of the Heating, Gas Supply and Ventilation Department
Samara State University of Architecture and Civil Engineering
43001, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya st., 194
tel.: (846)337-81-03

Для цитирования: *Вытчиков Ю.С., Сапарёв М.Е.* Метод расчета теплозащитных характеристик строительных ограждающих конструкций, утепленных экранной теплоизоляцией // Вестник СГАСУ. Градостроительство и архитектура. 2016. №1(22). С. 4-7. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.1.

For citation: *Vytchikov Yu.S., Saparev M.Ye.* Method of calculation of thermal properties for building envelopes with screen insulation // Vestnik SGASU. Town Planning and Architecture. 2016. № 1(22). Pp. 4-7. DOI: 10.17673/Vestnik.2016.01.1.