

СРЕДСТВА ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА, ПРИМЕНЯЕМЫЕ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Ковтун С.И., Шмаров Е.В., Декуша Л.В., Воробьев Л.И., Грищенко Т.Г., Декуша О.Л.

Институт технической теплофизики Национальной академии наук Украины
г. Киев, Украина

АНОТАЦІЯ: Надано огляд засобів вимірювання поверхневої густини теплового потоку, що застосовуються для визначення теплоізоляційних властивостей огорожувальних конструкцій будівель та споруд.

АННОТАЦИЯ: Представлен обзор средств измерения поверхностной плотности теплового потока, применяемых для определения теплоизоляционных свойств ограждающих конструкций зданий и сооружений.

ABSTRSCT: Overview of the measuring equipment of the surface heat flux density applied for measurement the thermal insulation properties of building envelopes and structures is presented.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: тепловой поток, средства измерения, ограждающие конструкции.

В непростых условиях мирового энергетического и экономического кризиса особое внимание обращено к вопросу эффективного и рационального использования энергоресурсов во всех отраслях экономики. Потребление энергии в нашей стране, как и во всем мире, неуклонно растет, и, прежде всего, на теплообеспечение зданий и сооружений. Известно, что на теплоснабжение жилых, общественных и производственных зданий расходуется более трети всего добываемого органического топлива [1]. Следовательно, мероприятия, направленные на экономию потребляемой энергии, сегодня актуальны, поскольку позволяют снизить зависимость Украины от стран-поставщиков топливно-энергетических ресурсов.

Задача энергосбережения в жилищно-коммунальной и строительной отраслях выдвигает требование повсеместного уменьшения теплопотерь через ограждающие конструкции (далее – ОК) зданий и сооружений. В нормативном документе [2] установлены новые, более жесткие требования к тепловой изоляции. Эти требования должны выполняться при проектировании и строительстве новых объектов и при термомодернизации старых зданий. Степень соответствия новым нормам фактических значений теплофизических характеристик ОК устанавливаются при теплотехническом обследовании, которое проводят с целью получения достоверной информации о состоянии теплозащиты здания и реальных значениях трансмиссионных теплопотерь через его оболочку.

Испытания ОК с целью определения их теплоизоляционных свойств согласно [3, 4] проводят посредством измерения фактических значений тепловых величин:

температуры на внутренних и наружных поверхностях ограждающих конструкций и поверхностной плотности теплового потока, проходящего через ограждающую конструкцию, с применением контактных средств измерения. Алгоритм проведения экспериментальных исследований хорошо изложен в документе [5], где рассмотрены методы определения плотности теплового потока, его конвективной и радиационной составляющей и коэффициентов теплообмена ОК с окружающей средой с применением первичных преобразователей теплового потока (ПТП) и температуры.

Для строительной отрасли характерны малые значения плотности теплового потока на уровне 5...20 Вт/м². Поэтому для проведения исследований с необходимой точностью средство измерения должно обладать чувствительностью не хуже 0,1 мВ·м²/Вт. Кроме того, в нормативном документе [6], где изложена методика определения тепловых потоков через ограждающие конструкции, показано, что для обеспечения минимальной методической погрешности необходимо применять средства измерения, тепловое сопротивление которых составляет не более 3% значения теплового сопротивления теплообмену ограждающей конструкции с окружающей средой в отсутствие измерителя теплового потока, т.е.

$$R_{СИ} \cdot \alpha_{\Sigma} \leq 0,01...0,03.$$

Из чего следует, что тепловое сопротивление средства измерения, в зависимости от его расположения (на внутренней или наружной поверхности ограждающей конструкции), должно находиться в интервале значений $(1,25...3,75) \cdot 10^{-3}$ м²·К/Вт.

Многолетний опыт по созданию средств для прямых измерений плотности теплового потока, температуры и теплофизических свойств различных материалов, накопленный в отделе теплотрии ИТТФ, позволил создать ПТП для определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий и сооружений (рис. 1), которые полностью удовлетворяют требованиям [7].

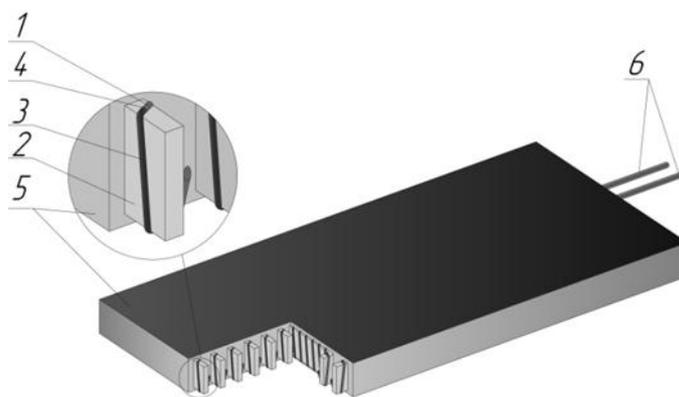


Рис. 1. Конструкция преобразователя теплового потока для определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций зданий и сооружений

Технология изготовления ПТП дает возможность подобрать такие их конструктивные параметры, которые позволяют получить на выходе характеристики, удовлетворяющие вышеизложенным требованиям. ПТП для строительной отрасли представлены в трех модификациях для установки на следующих типах ОК (рис. 2): а – на коробке оконных блоков; б – на обвязке оконных блоков (рамы); в – на стекле оконных блоков или на стене.

Подобные ПТП как первичные преобразователи входят в состав компьютеризированных измерительных систем многих производителей, например, представлены в составе комплекса измерителей теплового потока и температуры НФМ-201 та НФМ-215

(«Kyoto electronics manufacturing», Япония), прибора «Теплограф» («Итерприбор», Россия), измерителя температуры и коэффициента теплопроводности ИТ-2 («Эталон», Россия) и др.

В Украине разработан и успешно эксплуатируется измерительный комплекс «Ресурс-С», который предназначен для обследования теплозащитных качеств ОК строительных объектов в натуральных и лабораторных условиях.



Рис. 2. Внешний вид преобразователя теплового потока с размерами:
а – 12x80x1,5 мм; б – 20x80x1,5 мм; в – 40x80x1,5 мм



Рис. 3. Размещение ПТП и ПТ ИК «Ресурс» на внешней ограждающей конструкции: 1 – ПТП со встроенными ПТ; 2 – измерительный комплекс «Ресурс-С»; 3 – ПК; 4 – ПТ для измерения температуры поверхности ОК; 5 – ПТ для контроля температуры окружающей среды

Комплекс является многоканальной измерительной системой, позволяющей измерять плотность теплового потока, температуру поверхности и воздуха вблизи нее

одновременно во многих точках объекта, а также влажность воздуха, коэффициент теплопроводности, коэффициент теплообмена и составляющие потока при сложном теплообмене и вычислять усредненные по поверхности объект объекта значение тепловых потерь. С его помощью были проведены исследования теплового сопротивления ограждающих конструкций помещений отельного комплекса *Four Points by Sheraton* в г. Запорожье (рис. 3), где фасадные системы здания выполнены из светопрозрачных конструкций – однокамерных энергосберегающих стеклопакетов заполненных аргоном.

В последние годы для определения теплового сопротивления по [3] и по [8] в качестве преобразователей плотности теплового потока генераторного типа стали применять термоэлектрические модули Пельтье. Термоэлектрический модуль (рис. 4) состоит из батареи термоэлектрических элементов, ветки которой выполнены из полупроводниковых материалов *p*-типа и *n*-типа.

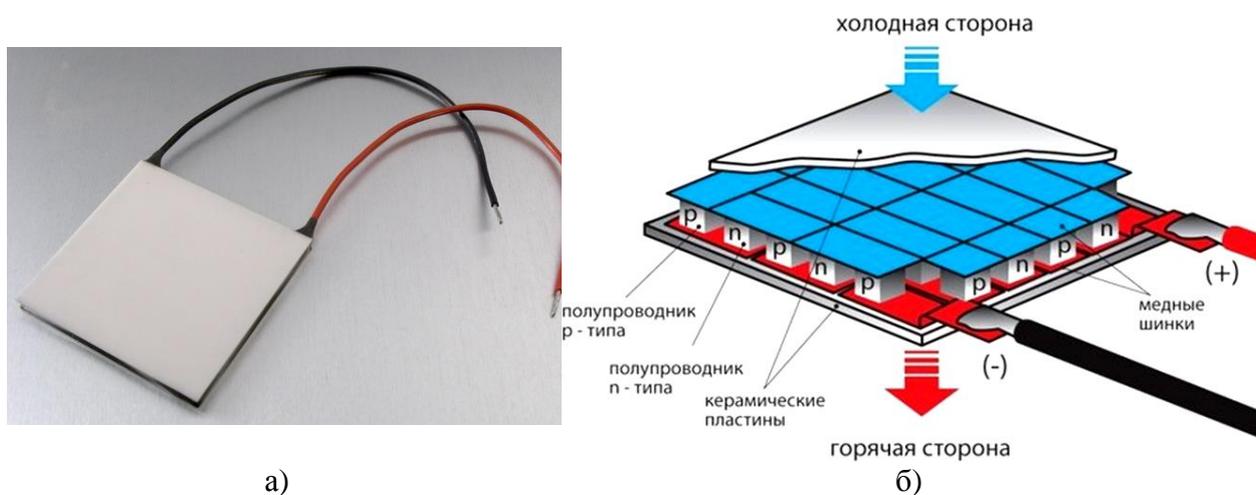


Рис. 4. Внешний вид (а) и устройство (б) модуля Пельтье

В испытательной лаборатории ИТТФ были проведены исследования модулей Пельтье промышленного образца TEC1-12705 размерами 40x40x3,6 мм. Полученные результаты представлены на рис. 5 в виде температурной зависимости коэффициента преобразования, где для сравнения приведены также экспериментальные данные по двум традиционным преобразователям теплового потока, выполненных по [7].

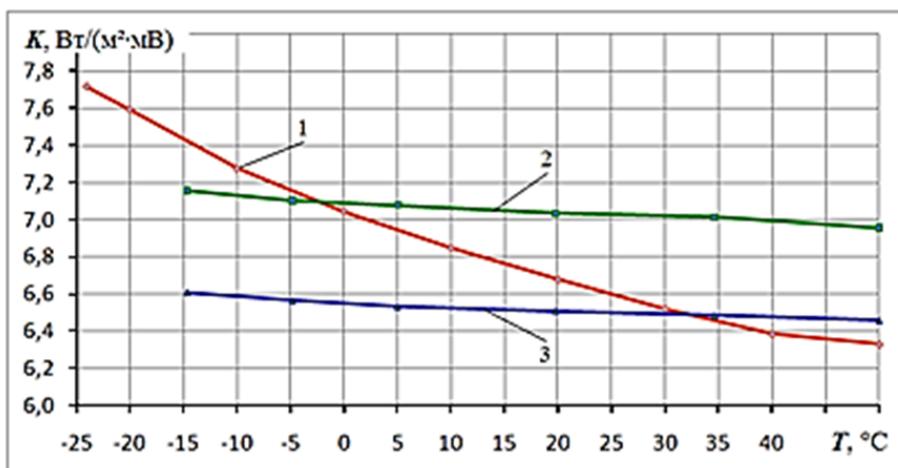


Рис. 5. Температурная зависимость коэффициента преобразования: 1 – модуль Пельтье; 2, 3 – преобразователи по [7]

Следует отметить, что еще больше уменьшить температурную зависимость традиционных ПТП можно путем введения дополнительной корректирующей термобатареи [9, 10].

Если судить по чувствительности модуля Пельтье (величине обратной коэффициенту преобразования), то можно заключить, что они вполне пригодны для применения в строительной отрасли при условии дополнения их преобразователями температуры, с помощью которых будут четко фиксироваться значения температуры на обеих поверхностях термоэлектрического модуля.

Кроме того, для корректного применения модуля Пельтье, его конструкция нуждается в существенной доработке, а именно по периметру зоны размещения чувствительного элемента необходимо обеспечить охранную зону, которая по своим теплофизическим характеристикам будет близка чувствительной. В противном случае будут наблюдаться искажения температурного и теплового полей, что влечет за собою значительные методические погрешности [6].

Достоверность измерений поверхностной плотности теплового потока обеспечивается путем воспроизведения единицы измерения в Государственном эталоне единицы энергетической освещенности некогерентным излучением [11], а также в эталонной установке УВТ-1 [12] с последующей передачей ее размера рабочему эталону ПТП-РЕ. Аттестация и поверка рабочих ПТП, выполненных по ДСТУ 3756 [6], осуществляется методом компарирования с ПТП-РЕ на радиационном стенде РГУ-2, разработанном и эксплуатируемом в ИТТФ НАН Украины.

ВЫВОДЫ

Определение плотности теплового потока на поверхностях ОК занимает значительную часть экспериментальных исследований при теплотехническом обследовании зданий и сооружений. От корректности применения тех или иных средств измерения зависит достоверность получаемых данных, на основании которых проводится оценка качества строительных материалов и ОК в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6–31:2006. – [Чинні від 2007–04–01] // Мінбуд України. – К.: Укрархбудінформ, 2006. – 65 с. – (Державні будівельні норми України).
3. Конструкції будинків і споруд. Метод визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій: ДСТУ Б В.2.6-101:2010.. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 53с.
4. Енергозбереження. Будівлі та споруди. Методи вимірювання поверхневої густини теплових потоків та визначення коефіцієнтів теплообміну між огорожувальними конструкціями та доквіллям: ДСТУ 4035-2001 (ГОСТ 25380-2001).
5. Опір теплопередаванню крізь огорожувальні конструкції будівель та споруд різного призначення: Методика М 081/24-0778-11. / Розробники: Воробйов Л.Й., Грищенко Т.Г., Декуша Л.В. та ін. – Київ: ІТТФ НАН України. – 2012.– 29 с.
6. Определение тепловых потоков через ограждающие конструкции: Методика М 00013184.5.023-01. / Разработчики: Грищенко Т.Г., Декуша Л.В., Воробьев Л.И. и др. – Киев: ЛОГОС. – 2002. – 133 с.
7. Енергозбереження. Перетворювачі теплового потоку термоелектричні загального призначення. Загальні технічні умови: ДСТУ 3756-98.
8. Блоки віконні та дверні. Методи визначення опору теплопередачі: ДСТУ Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99).
9. Пат. 102475 Україна, МПК G01K 17/08. Перетворювач теплового потоку / Декуша Л.В., Шмаров С.В., Воробйов Л.Й., Грищенко Т.Г.; заявник і патентовласник Інститут технічної теплофізики НАН України. – № а 2012 05405; заявл. 03.05.2012; опубл.10.07.2013, Бюл. № 13.

10. Конструирование преобразователей теплового потока на базе константан-никелевых и копель-никелевых гальванических термоэлементов / [Е.В. Шмаров, Л.В. Декуша, Л.И. Воробьев, Т.Г. Грищенко] // Промышленная теплотехника. – 2012. – Т. 34/ - № 2. – С.87-94/
11. Назаренко Л.А. Державний спеціальний еталон одиниці енергетичної освітленості некогерентним випромінюванням / Л.А. Назаренко, В.І. Полевой, Л.І. Бондаренко // УМЖ. – 1995. – Вип. 1. – С. 31 - 36.
12. Ковтун С.І. Эталонная установка для аттестации преобразователей теплового потока вида вспомогательной стенки: дис. ... канд. техн. наук: 05.11.04 / Ковтун Светлана Ивановна. – К., 2013. – 180 с.

REFERENCES

1. <http://www.ukrstat.gov.ua>
2. Thermal isolation of building : SBN B.2.6-31: 2006. - [Operating from 2007-04-01] // Minbud of Ukraine. - К.: Ukrarbudinform, 2006. - 65 p. - (State building norms of Ukraine).
3. SSU Б В.2.6-101: 2010: Constructions of houses and building. Method of determination of resistance of heat transfer of non-load-bearing constructions. - К.: Minbud of Ukraine, 2010. – 53 p.
4. Energy-saving. Buildings. Methods of measuring of superficial closeness of thermal streams and determination of coefficients of heat exchange between non-load-bearing constructions and environment : SSU 4035-2001 (ГОСТ 25380-2001).
5. Resistance of heat transfer through the non-load-bearing constructions of building and building of the different setting : Methodology М 081/24-0778-11 / Developers: Vorobjov L.J., Gricsenko T.G., Dekusha L.V. and other. - Kyiv: ITHP of NAS of Ukraine, 2012. - 29 p.
6. Determination of heat streams through non-load-bearing construction: Methodology М 00013184.5.023-01. / Developers: Gricsenko T.G., Dekusha L.V., Vorobjov L.J. and other. - Kyiv: LOGOS. – 2002 - 133 p.
7. Energy-savings. The transformers of thermal stream thermo-electric general setting. General technical requirements: SSU 3756-98.
8. Blocks of windows and door. Methods of determination heat transfer resistance: SSU Б В.2.6-17-2000 (ГОСТ 26602.1-99).
9. Pat. 102475 Ukraine, МПК G01K 17/08. Transformer of thermal stream / Dekusha L.V., Shmarov E.V., Vorobjov L.J., Gricsenko T.G.; Declarant Institute of technical heatphysics NAS of Ukraine. - № 2012 05405; declair. 03.05.2012; publ.10.07.2013, bul. № 13.
10. Construction of transformer thermal stream on base constantan-nickeliferous and kopel-nickeliferous galvanic thermo-couples / [Shmarov E.V., Dekusha L.V., Vorobjov L.J., Gricsenko T.G.] // Industrial heating engineering. - 2012. - Т. 34. - № 2. - С.87-94.
11. Nazarenko L.A. State special standard of unit of power luminosity to the non-coherent radiations / L.A. Nazarenko, V.I. Polevoi, L.I. Bondarenko // UMJ. - 1995. - № 1. - P. 31 - 36.
12. Kovtun S.I. Standard machine for certification converters of heat flow of view, the construction of the wall: dis. ... Cand. the technology. Sciences: 05.11.04 / Kovtun Svetlana Ivanovna. - К., 2013. - 180 p.

Статья поступила в редакцию 02.04.2014 г.