

Инженерное оборудование зданий и сооружений

УДК 536.24

DOI: 10.14529/build170408

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РЕАЛЬНЫХ ТЕПЛОПОТЕРЬ СУЩЕСТВУЮЩИХ СТРОИТЕЛЬНЫХ ОБЪЕКТОВ

С.А. Панфилов, О.В. Кабанов

Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва, г. Саранск, Россия

Настоящая статья посвящена вопросам энергосбережения, в частности проблемам повышения энергоэффективности современных зданий путём экспериментального исследования теплофизических свойств (ТФС) материалов с целью устранения повышенных теплопотерь через ограждающие конструкции. На основе анализа существующих методов определения ТФС материалов представлен разработанный авторами алгоритм для определения реальных теплопотерь исследуемого объекта. Описана работа установки для определения ТФС (коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередаче и удельная тепловая характеристика) исследуемого объекта. Приведены формулы, требуемые для проведения расчёта ТФС. Представлены экспериментальные результаты исследования. Описаны основные достоинства разработанной установки.

Ключевые слова: теплопередача, коэффициент теплопередачи, сопротивление теплопередаче, энергоэффективность, способ.

Введение. Одной из существующих проблем в исследовании энергосбережения, является применение простых и надёжных способов определения потерь теплоты через ограждающие конструкции объекта в окружающую среду и анализ ТФС, которые влияют существенным образом на тепловой режим. В настоящее время существуют различные методы и устройства по определению ТФС исследуемого объекта [1–16, 24, 25].

Методы, используемые для определения ТФС объектов, делят на три основных вида: нестационарные, стационарные и комплексные [14–16]. Нестационарные методы по определению ТФС объекта являются наиболее перспективными, за счёт простоты, небольшого времени проведения исследования и т. п. Они, в отличие от стационарных, при определении ТФС требуют меньших затрат времени и тепловой энергии. Из вышеперечисленных ведущее место занимают ТМНК (температурные методы неразрушающего контроля). В то же время существующие методы имеют ограничения, к которым можно отнести: сложные уравнения для расчёта теплофизических свойств; сложность определения реальных граничных условий в процессе исследования; большую длительность процедуры определения ТФС (не менее двух суток); возможное начало экспериментов только после достижения стационарного режима и другие.

Основная часть. Существующие способы определения сопротивления теплопередаче и коэффициента теплопередачи устанавливают данные

коэффициенты только для определённого участка исследуемой конструкции, для того чтобы определить данные теплофизические свойства всего объекта в целом требуется большое количество времени. Затраты времени существенным образом влияют на стоимость проводимых работ. В ходе проведения исследования так же необходимо обеспечивать создание специальных условий (стабильную температуру на внутренней и наружной поверхности исследуемого объекта) в течение всего времени исследования, что, как следствие, определяет высокую энергоёмкость проводимого исследования. Анализ существующих методик показал, что возможна разработка установки, которая будет определять ТФС объекта МНК с использованием современных средств обработки информации за более короткий промежуток времени. В литературе [17–25] отмечается, что нестационарные способы определения ТФС являются наиболее перспективными за счёт простоты и сокращения времени проведения исследования. Основываясь на проведённом анализе, был разработан алгоритм исследования ТФС объекта, представленный на рис. 1.

Блок схема алгоритма содержит 16 блоков. В 1 осуществляется ввод исходных данных, а именно: мощность источника теплоснабжения, общая площадь исследуемого объекта по внешнему обмеру, объём исследуемого объекта по внешнему обмеру, поддерживаемая температура внутри исследуемого объекта во время проведения исследования, диапазон изменения температуры внутри

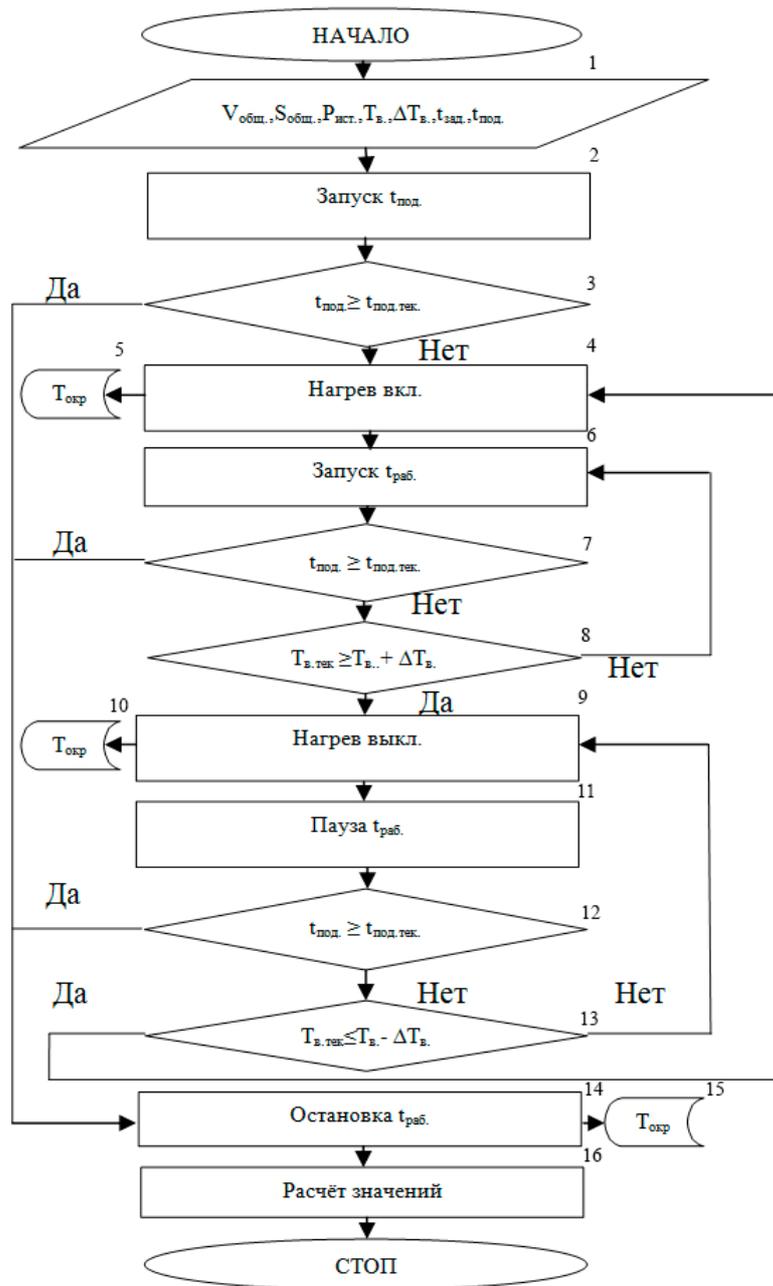


Рис. 1. Блок-схема алгоритма определения ТФС объекта

исследуемого объекта, время проведения исследования, время задержки до момента включения установки. В 2 осуществляется запуск таймера отсчёта времени проведения исследования. В 3 проверка условия по времени начала эксперимента, при выполнении условия управление передаётся блоку 4 разогрева исследуемого объекта, в 5 регистрируется окружающая температура вне исследуемого объекта. Блок 6 производит подсчёт времени работы установки в активном режиме. В 7 осуществляется анализ условия «время проведения исследования больше или равно текущему времени проведения исследования». При выполнении условия в 8 осуществляется проверка условия на-

грева объекта до заданной температуры, если условие не выполняется, происходит возврат в 6, при выполнении условия блок 9 производит остановку подачи теплоснабжения, в 10 регистрируется окружающая температура, далее в 11 производится подсчёт работы установки в активном режиме в течение заданного времени. В 12 производится проверка условия «время проведения исследования больше или равно заданному времени проведения исследования», если условие выполняется, в 13 проверяется условие нагрева до заданной температуры, при невыполнении возврат в 4, иначе переход в блок 14 подсчёта времени работы установки в активном режиме. В 15 регистрируется

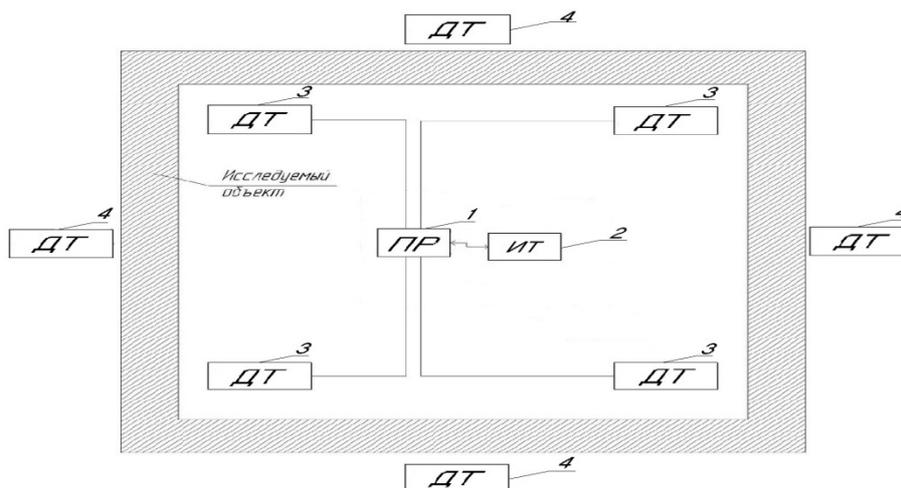


Рис. 2. Блок-схема переносной установки для определения ТФС объекта

температура вне исследуемого объекта, в 16 расчёт значений ТФС (коэффициента теплопередачи, сопротивления теплопередаче и удельной тепловой характеристики) исследуемого объекта в целом.

На рис. 2 представлена блок-схема разработанной авторами [23] переносной автоматизированной установки для определения ТФС исследуемого объекта.

Приведем описание работы установки. Перед началом проведения исследования по определению ТФС объекта устанавливают датчики температуры 3 и 4 по внутреннему и внешнему периметрам объекта на равноудаленном расстоянии друг от друга. После достижения заданной температуры программируемым реле 1 фиксируется время активной работы источника теплоснабжения 2 в течение всего времени проведения исследования. С датчиков через установленный интервал времени снимаются показания температуры окружающей среды. По окончании эксперимента производится расчет искомого ТФС исследуемого объекта (коэффициента теплопередачи, сопротивления теплопередаче и удельной тепловой характеристики) по следующим формулам [22, 23].

Определяют среднюю окружающую температуру за время исследования:

$$\bar{T}_{\text{окр}} = \frac{\sum T_{\text{окр}i}}{n}, \quad (1)$$

где $\bar{T}_{\text{окр}}$ – температура окружающей среды в i момент исследования; n – объём выборки $T_{\text{окр}i}$ за время исследования.

Определяют среднюю расходуемую мощность необходимую для поддержания установленной температуры за время эксперимента:

$$P_{\text{рас}} = P_{\text{уст}} \cdot \frac{t_{\text{раб}}}{t_{\text{под}}}, \quad (2)$$

где $P_{\text{рас}}$ – номинальная мощность источника теплоснабжения, $t_{\text{раб}}$ – время активной работы ис-

точника теплоснабжения, $t_{\text{под}}$ – заданное время поддержания установленной температуры $T_{\text{в}}$.

Определяют коэффициент теплопередачи объекта в целом $\text{Вт}/(\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C})$:

$$k = \frac{P_{\text{рас}}}{S_{\text{общ}} \cdot (T_{\text{в}} - \bar{T}_{\text{окр}})}. \quad (3)$$

Определяют сопротивление теплопередаче всего объекта ($\text{м}^2 \cdot ^\circ\text{C}/\text{Вт}$):

$$R = \frac{1}{k}. \quad (4)$$

Из литературных источников [21] известно соотношение:

$$q_0 V (T_{\text{в}} - T_{\text{окр}}) = P_{\text{рас}}, \quad (5)$$

согласно которому определяют удельную тепловую характеристику объекта – $q_0 \text{Вт}/(\text{м}^3 \cdot ^\circ\text{C})$.

Проведены исследования по апробации данной установки с предустановленным алгоритмом действий [22, 23] на модели объекта. На рис. 3 представлена модель объекта.

На рис. 4 представлен вид экспериментального объекта исследования с установленным оборудованием.

Объект исследования выполнен в форме куба, состоит из пенополистирола ПСБ-С25 и имеет заявленную производителем теплопроводность $0,039 \text{Вт}/(\text{м} \cdot ^\circ\text{C})$, площадь одной поверхности равную $1,09 \text{м}^2$, толщину слоя $0,1 \text{м}$. После проведения подготовительных процедур в объекте поддерживалась заданная температура, температура окружающего воздуха определялась с помощью изготовленного портативного модуля. На рис. 5 представлен внешний вид модуля для измерения окружающей температуры.

Модуль для измерения температуры окружающего воздуха состоит из микроконтроллера ArduinoNano 3.0 (ATmega328), датчиков температуры DS18D20, подключенных к микроконтроллеру, и модуля TF Cardreader для регистрации дан-



Рис. 3. Модель объекта исследования

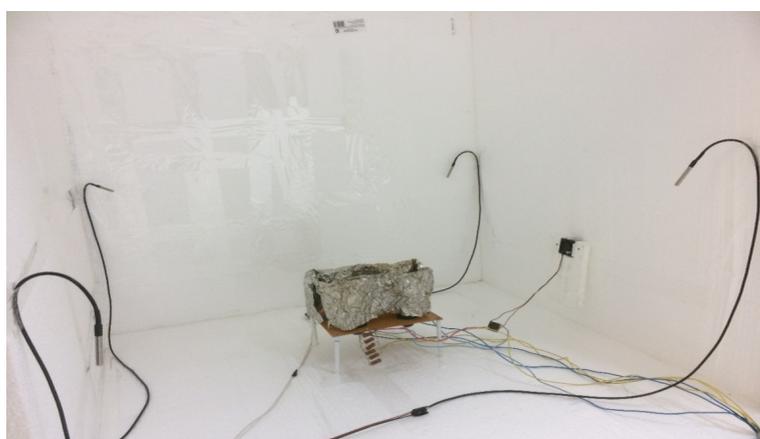


Рис. 4. Вид объекта исследования с установленным оборудованием

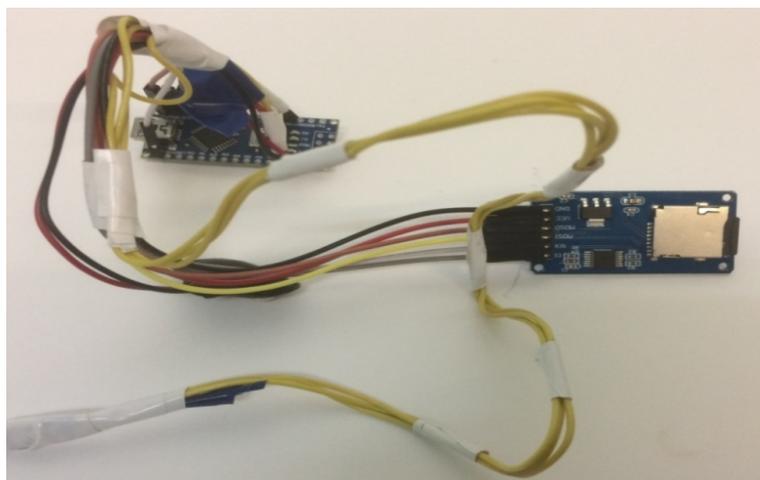


Рис. 5. Модуль измерения окружающей температуры

ных, полученных в ходе эксперимента. На рис. 6 представлен модуль для управления источником теплоснабжения отопляемого объекта.

Модуль управления источником теплоснабжения, устанавливаемого внутри отопляемого объекта, состоит из Arduino Mega 2560 на базе микроконтроллера ATmega2560, 4 датчиков

температуры DS18D20 подключенных к микроконтроллеру, модуля TF Cardreader, реле включения и отключения источника теплоснабжения при выполнении алгоритма эксперимента.

На рис. 7 представлены внешний вид и схема подключения анализатора качества электрической энергии CicutorAR6 для определения значений

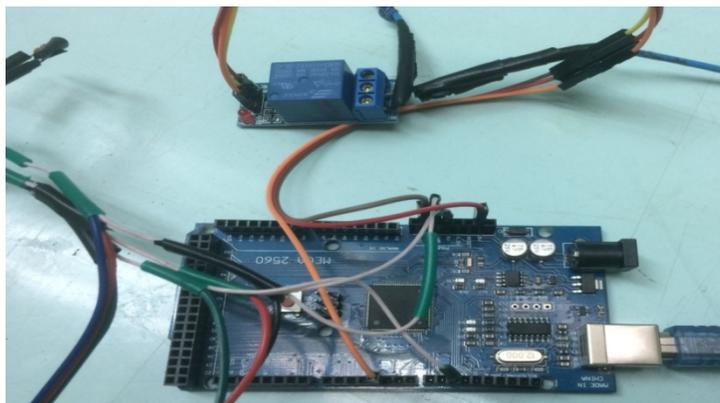


Рис. 6. Модуль управления источником теплоснабжения

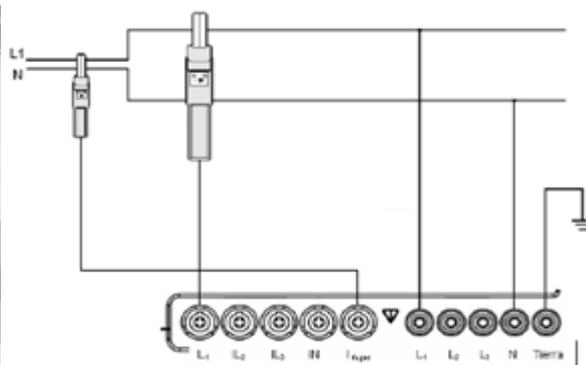


Рис. 7. Внешний вид и схема подключения анализатора качества электрической энергии Cicutor AR6 к установке по определению ТФС строительных объектов

потребляемых силы тока, напряжения и мощности в ходе эксперимента.

На рис. 8 представлен график изменения напряжения в течение времени проведения эксперимента.

На рис. 9 представлен график изменения силы тока в течение эксперимента.

На рис. 10 представлен график, потребляемой источником теплоснабжения активной мощности.

Время поддержания заданной температуры $t_{\text{под}}$ – 28880 с, время активной работы источника теплоснабжения $t_{\text{раб}}$ – 5023 с. Потребляемая мощность во время работы источника тепла по показаниям анализатора 258 Вт. Средняя расходуемая мощность, необходимая для поддержания заданной температуры за время эксперимента, определена по формуле (2) и составила 44,87 Вт.

Средняя температура внутри объекта исследования составила 32,69 °С, средняя окружающая температура за время проведения исследования 17,35 °С. Общая площадь по наружному обмеру объекта исследования 7,13 м². Общий объём по наружному обмеру объекта исследования составил 1,295 м³.

Коэффициент теплопередачи $k_{\text{эксп}}$ для исследуемого объекта в целом, определялся по формуле (3), $k_{\text{эксп}} = 0,41 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$.

Используя экспериментальные данные, так же была определена удельная тепловая характеристика $q_{0 \text{эксп}}$ исследуемого объекта по формуле (5), $q_{0 \text{эксп}} = 2,26 \text{ Вт}/(\text{м}^3 \cdot \text{°С})$.

Сопротивление теплопередаче объекта в целом определялось по формуле (4), $R_{\text{эксп}} = 2,44 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С)}/\text{Вт}$.

Так же было определено расчётное сопротивление теплопередаче по [23]. Расчётное сопротивление теплопередаче для исследуемого объекта определялось согласно зависимости (6):

$$R_{\text{расч}} = \frac{1}{\alpha_B} + \sum \frac{\delta_i}{\lambda_i} + \frac{1}{\alpha_H}, \quad (6)$$

где α_B – коэффициент теплоотдачи внутренней поверхности ограждающей конструкции; α_H – коэффициент теплоотдачи наружной поверхности ограждающей конструкции; λ_i – теплопроводность i слоя ограждающей конструкции; δ_i – толщина i слоя ограждающей конструкции; $\alpha_B = 8,7 \text{ Вт}/(\text{м}^2 \cdot \text{°С})$.

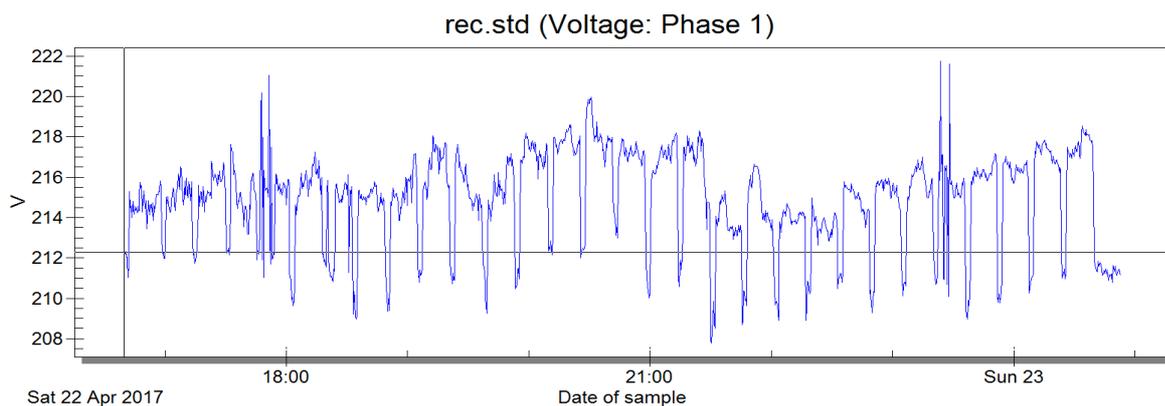


Рис. 8. График изменения напряжения питания установки теплоснабжения в течение проводимого эксперимента

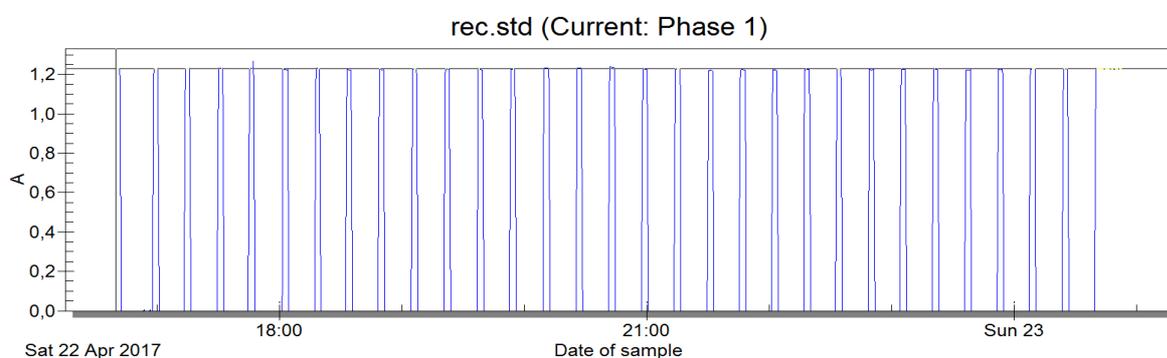


Рис. 9. График изменения силы тока в проводимом эксперименте

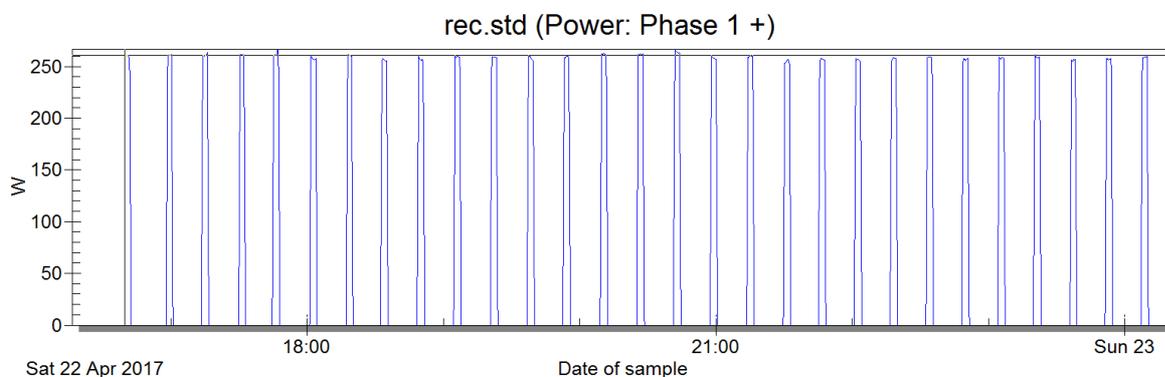


Рис. 10. График потребляемой мощности

Заявленная производителем теплопроводности материала $\lambda_i = 0,039$ Вт/(м·°С).

Коэффициент α_H определяется по формуле [23]:

$$\alpha_H = 1,16 \cdot (5 + 10\sqrt{v}), \quad (7)$$

где v – скорость движения наружного воздуха, в эксперименте равной 1 м/с, тогда $\alpha_H = 17,4$ Вт/(м²·°С).

$$R_{\text{расч}} = \frac{1}{8,7} + \frac{0,1}{0,039} + \frac{1}{17,4} = 2,74 \text{ (м}^2 \cdot \text{°С) / Вт.}$$

Для подтверждения тепловых характеристик материала объекта, проводилась процедура опре-

деления теплопроводности используемого материала пенополистирола ПСБ-С 25. В качестве средства измерения использовался прибор ИПП-2 измеритель плотности теплового потока, представленный на рис. 11.

Образец толщиной 0,032 м помещался в специальный отсек, представленный на рис. 12. С двух сторон к образцу пенополистирола ПСБ-С 25 крепились датчики температуры, с одной – зонд для измерения теплового потока. По прошествии длительного промежутка времени, в течение которого тепловой поток перестал изменяться, были зафиксированы значения температур с горячей и холодной сторон, а также тепловой поток.



Рис. 11. ИПП2 – измеритель плотности теплового потока

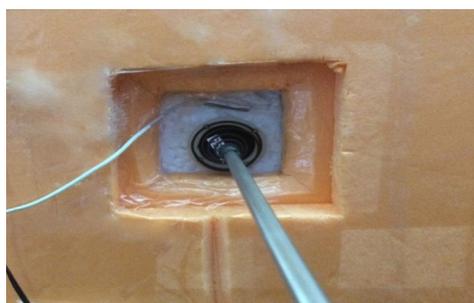


Рис. 12. Исследуемый образец пенополистирола ПСБ-С 25



Рис. 13. Измерение тепловых характеристик пенополистирола ПСБ-С 25

Результаты измерения температуры сторон образца пенополистирола ПСБ-С 25, а также тепловой поток представлены на рис. 13.

Теплопроводность λ материала определяется по формуле, Вт/(м·°C):

$$\lambda = \frac{Q \cdot \delta}{\Delta t}, \quad (8)$$

где Q – тепловой поток, проходящий через исследуемый образец материала; Δt – температура на разных сторонах исследуемого образца.

Теплопроводность λ пенополистирола ПСБ-С 25 по результатам эксперимента составила 0,0395 Вт/(м·°C).

Подставив полученные данные в формулу (6), получаем сопротивление теплопередаче с учётом полученного значения теплопроводности пенополистирола ПСБ-С 25, $R_{\text{расч}} = 2,70$ (м²·°C)/Вт.

Различия экспериментального $R_{\text{эксп}} = 2,44$ (м²·°C)/Вт и расчётного $R_{\text{расч}} = 2,70$ (м²·°C)/Вт значения сопротивления теплопередаче обусловлены неоднородностью материала и отсутствием полной герметичности в местах соединения стен. Расчётные значения предполагают наличие идеальных условий, что на практике не выполняется.

Анализ результатов проведённых экспериментов позволяет сделать вывод о применимости предложенной переносной автоматизированной установки и способа для определения ТФС объектов.

Выводы. По сравнению с известными техническими решениями, предлагаемое позволяет установить коэффициент теплопередачи, удельную тепловую характеристику, сопротивление теплопередаче для исследуемого объекта в целом, с учетом всех неоднородностей ограждающих конструкций, а также существенно уменьшить длительность проведения и энергоёмкость эксперимента.

Литература

1. Пат. № 2468359 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций строительных сооружений / В.П. Вавилов, А.В. Григорьев. – Заявл. 09.06.2011; опубл. 27.11.2012, Бюл. № 33.
2. Пат. № 146590 Российская Федерация, МПК G01N 25/28. Устройство определения приведённого сопротивления теплопередаче наружных ограждающих конструкций в летний период. Патент на полезную модель / С.Г. Головнев, К.М. Мозгалева. – Заявл. 16.06.2014, опубл. 10.10.2014, Бюл. № 28.
3. Пат. №105998 Российская Федерация, МПК G01N 25/58. Стенд для измерения сопротивления теплопередаче строительных ограждающих конструкций, оснащенный передвижной кассетой для установки образца / А.А. Верховский, И.Л. Шубин. – Заявл. 15.12.2010, опубл. 27.06.2011, Бюл. № 18.

4. Пат. № 2480739 Российская Федерация, МПК G01N 25/72. Способ теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительной конструкции / А.И. Походун, А.Н. Соколов. – Заявл. 23.08.2011, опубл. 27.04.2013, Бюл. № 12.
5. Пат. № 2478938. Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ измерения удельного сопротивления теплопередаче через объект (варианты) и устройство для его осуществления / А.И. Богоявленский, С.В. Иванов, Е.В. Лаповков. – Заявл. 04.02.2008, опубл. 10.04.2013, Бюл. № 10.
6. Пат. № 2476866 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Устройство измерения сопротивления теплопередаче строительной конструкции / С.С. Сергеев. – Заявл. 20.04.2011, опубл. 27.02.2013, Бюл. № 6.
7. ГОСТ 26254–84. Здания и сооружения. Методы определения сопротивления теплопередаче ограждающих конструкций.
8. ГОСТ 31166–2003. Конструкции, ограждающие здания и сооружений. Метод калориметрического определения коэффициента теплопередачи.
9. Пат. № 2308710 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ измерения теплового сопротивления (варианты) и устройство для его осуществления / Т.А. Дацюк, П.Г.Исаков. – Заявл. 27.05.2005, опубл. 20.10.2007, Бюл. № 29.
10. Пат. № 2285915 Российская Федерация, МПК G01N 25/00. Способ контроля теплозащитных свойств ограждающей конструкции / В.Н. Лавров, В.А. Титаев, Ю.Д. Сосин. – Заявл. 20.10.2004, опубл. 20.10.2006, Бюл. № 29.
11. Пат. № 2140070 Российская Федерация, МПК G01N 25/18. Способ определения теплофизических характеристик строительных материалов многослойных конструкций без нарушения их целостности / Б.Г. Варфоломеев, Л.П. Орлова. – Заявл. 26.02.1998, опубл. 20.10.1999.
12. Пат. № 2287807 Российская Федерация, МПК G01N 25/00. Способ определения теплофизических свойств многослойных строительных конструкций и изделий / А.В. Чернышов, А.С. Слонова. – Заявл. 09.03.2005, опубл. 20.11.2006, Бюл. № 32.
13. Пат. № 2323435 Российская Федерация, МПК G01N 25/72. Способ теплового неразрушающего контроля сопротивления теплопередаче строительных конструкций / О.Н. Будадин, Е.В. Абрамова. – Заявл. 22.09.2005, опубл. 27.04.2008, Бюл. № 12.
14. Кабанов, О.В. Обзор современных методов определения теплофизических свойств материалов и объектов с использованием электротехнических устройств / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов, В.И. Барычев // Сб. науч. тр. Развитие технических наук в современном мире. – Воронеж, 2015. – Вып. II. – С. 178–180.
15. Кабанов, О.В. Современные методы определения теплофизических свойств объектов / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов. – Материалы научной конференции «XLIV Огарёвские чтения». – Саранск: МГУ им. Н. П. Огарёва, 2016. – С. 156–160.
16. Разработка метода определения теплофизических свойств объектов / О.В. Кабанов, С.А. Панфилов, А.С. Хрёмкин, М.А. Бобров // Научно-технический вестник Поволжья. – 2015. – № 5. – С. 253–256.
17. Аметистов, Е.В. Основы теории теплообмена / Е.В. Аметистов. – М.: Изд. МЭИ, 2000. – 242 с.
18. Белов, Е.А. Цифровой экспресс-измеритель теплоограждающих конструкций с прямым отсчетом / Е.А. Белов, Г.Я. Соколов, Е.С. Платунов // Промышленная теплотехника. – 1986. – № 4. – С. 756–760.
19. Богословский, В.Н. Теплофизические основы отопления, вентиляции и кондиционирования / В.Н. Богословский. – М.: Высшая школа, 1982. – 415 с.
20. Вавилов, В.П. Тепловые методы неразрушающего контроля: Справочник / В.П. Вавилов. – М.: Машиностроение, 1991. – 240 с.
21. Табуницков, Ю.А. Тепловая защита ограждающих - конструкций зданий и сооружений / Ю.А. Табуницков, Д.Ю. Хромец. – М.: Стройиздат, 1986. – 381 с.
22. Свидетельство № 2016612034 Российская Федерация. Программа для системы автоматизированного определения теплофизических свойств исследуемого объекта / С.А. Панфилов, О.В. Кабанов, А.С. Хрёмкин. – Заявл. 31.12.2015, Дата гос. регистрации 17.02.2016.
23. Свод правил 50.133330.2012. Тепловая защита зданий. Актуализированная редакция СНиП 23-02-2003.
24. Panfilov, S.A. Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR). – 2016. – Vol. 7, Iss. 4. – P. 1395–1402.
25. Panfilov, S.A. Determination of Thermal-Physical Properties of Facilities / S.A. Panfilov, O.V. Kabanov // Journal of Engineering and Applied Sciences. – 2016. – Vol. 11, Iss. 13. – P. 2925–2929.

Панфилов Степан Александрович, доктор технических наук, профессор кафедры электроники и электротехники, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Саранск), panphilovsa@gmail.com

Кабанов Олег Владимирович, аспирант кафедры электроники и электротехники, Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва (Саранск), jhostmc@mail.ru

Поступила в редакцию 27 сентября 2017 г.

METHOD OF CALCULATING ACTUAL HEAT LOSSES AT THE EXISTING CONSTRUCTION FACILITIES

S.A. Panfilov, panphilovsa@gmail.com

O.V. Kabanov, jhostmc@mail.ru

Ogarev Mordovia State University, Saransk, Russian Federation

This article is dedicated to the issues of energy saving, in particular to the problems of improving energy efficiency of modern buildings by experimental studies of thermo physical properties (TPP) of materials in order to eliminate excessive heat losses through building envelope. Based on the analysis of the existing methods of determining the materials' TPP, the authors developed an algorithm to determine the actual heat losses of a facility under study. Operation of an installation for determining the TPP (heat transfer coefficient, thermal resistance and specific heat characteristics) of the facility under study is described. The formulas required for the calculation of TPP are given. Experimental results of the study are provided. Main advantages of the developed installation are described.

Keywords: heat transfer, heat transfer coefficient, thermal resistance, energy efficiency, method.

References

1. Vavilov V.P., Grigor'ev A.V. *Sposob opredeleniya soprotivleniya teploperedache ograzhdayushchikh konstruktiv stroitel'nykh sooruzheniy* [Method for Determining the Resistance to Heat Transfer of Enclosing Structures of Building Structures]. Patent RF, no. 2468359, 2012.
2. Golovnev S.G., Mozgalev K.M. *Ustroystvo opredeleniya privedennogo soprotivleniya teploperedache naruzhnykh ograzhdayushchikh konstruktiv v letniy period* [The Device for Determining the Resistance to Heat Transfer of External Enclosing Structures in the Summer]. Patent RF, no. 146590, 2014.
3. Verkhovskiy A.A., Shubin I.L. *Stend dlya izmereniya soprotivleniya teploperedache stroitel'nykh ograzhdayushchikh konstruktiv, osnashchenny peredvizhnoy kassetoy dlya ustanovki obratzsa* [A Bench for Measuring the Resistance to Heat Transfer of Building Enclosures, Equipped with a Mobile Cassette for Mounting a Sample]. Patent RF, no. 105998, 2011.
4. Pokhodun A.I., Sokolov A.N. *Sposob teplovogo nerazrushayushchego kontrolya soprotivleniya teploperedache stroitel'noy konstruktiv* [Method of Thermal Non-Destructive Testing of Resistance to Heat Transfer of a Building Structure]. Patent RF, no. 2480739, 2013.
5. Bogoyavlenskiy A.I., Ivanov S.V., Lapovkov E.V. *Sposob izmereniya udel'nogo soprotivleniya teploperedache cherez ob'ekt (varianty) i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method for Measuring the Resistivity of Heat Transfer Through an Object (Variants) and a Device for its Implementation]. Patent RF, no. 2478938, 2013.
6. Sergeev S.S. *Ustroystvo izmereniya soprotivleniya teploperedache stroitel'noy konstruktiv* [The Device of Measurement of Resistance to a Heat Transmission of a Building Design]. Patent RF, no. 2476866, 2013.
7. GOST 26254–84 *Zdaniya i sooruzheniya. Metody opredeleniya soprotivleniya teploperedache ograzhdayushchikh konstruktiv* [Buildings and Structures. Methods for Determination of Thermal Resistance of Enclosing Structures]. Moscow, Standartinform Publ., 1985.
8. GOST 31166–2003 *Konstruktiv, ograzhdayushchie zdaniya i sooruzheniya. Metod kalorimetriceskogo opredeleniya koeffitsienta teploperedachi* [Building and Structure Envelopes. Method for Calorimetric Determination of the Heat Transfer Coefficient]. Moscow, Standartinform Publ., 2003. 12 p.
9. Datsyuk T.A., Isakov P.G. *Sposob izmereniya teplovogo soprotivleniya (varianty) i ustroystvo dlya ego osushchestvleniya* [Method of Measuring Thermal Resistance (Embodiments) and Apparatus to Carry it Out]. Patent RF, no. 2308710, 2007.
10. Lavrov V. N., Titaev V. A., Sosin Yu. D. *Sposob kontrolya teplozashchitnykh svoystv ograzhdayushchey konstruktiv* [A Method for Controlling Thermal Protective Properties of Walling]. Patent RF, no. 2285915, 2006.
11. Varfolomeev B.G., Orlova L.P. *Sposob opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik stroitel'nykh materialov mnogosloynnykh konstruktiv bez narusheniya ikh tselostnosti* [Method for Determining the Thermophysical Characteristics of Building Materials of Multilayer Structures without Disturbing their Integrity]. Patent RF, no. 2140070, 1999.
12. Chernyshov A.V., Slonova A.S. *Sposob opredeleniya teplofizicheskikh svoystv mnogosloynnykh stroitel'nykh konstruktiv i izdeliy* [A Method for Determining the Thermophysical Properties of the Multilayered Constructions and Articles]. Patent RF, no. 2287807, 2006.

13. Budadin O.N., Abramova E.V. *Sposob teplovogo nerazrushayushchego kontrolya soprotivleniya teploperedache stroitel'nykh konstruksiy* [Method of Thermal Non-Destructive Testing of Resistance to Heat Transfer of Building Structures]. Patent RF, no. 232343, 2008.
14. Kabanov O.V., Panfilov S.A., Barychev V.I. [Review of Modern Methods for Determining the Thermophysical Properties of Materials and Objects Using Electrical Devices]. *Sb. nauch.trudov. Razvitie tekhnicheskikh nauk v sovremennom mire. Vypusk II* [Collection of Scientific Papers. Development of Technical Sciences in the Modern World. Issue II.]. Voronezh, 2015, pp.178–180 (in Russ.).
15. Kabanov O.V., Panfilov S.A. [Modern Methods for Determining the Thermophysical Properties of Objects]. *Materialy nauchnoy konferentsii «XLIV Ogarevskie chteniya» NI MGU im. N. P. Ogareva* [Materials of the Scientific Conference "XLIV Ogaryov Readings". N. P. Ogaryova]. Saransk, 2016, pp. 156–160 (in Russ.).
16. Kabanov O.V., Panfilov S.A., Khremkin A.S., Bobrov M.A. [Development of a Method for Determining the Thermophysical Properties of Objects.]. *Nauchno-tekhnicheskii vestnik Povolzh'ya*. [Scientific and Technical Herald of the Volga Region]. Kazan', 2015, no. 5, pp. 253–256 (in Russ.).
17. Ametistov E.V. *Osnovy teorii teploobmena* [Fundamentals of the Theory of Heat Transfer]. Moscow, Moscow Power Engineering Institute Publ., 2000. 242 p.
18. Belov E.A., Sokolov G.Ya., Platonov E.S. [Digital Express Meter Teploograzhdayuschih Structures with Direct Reading]. *Promyshlennaya teplotekhnika* [Industrial Heat Engineering]. 1986, no. 4, pp. 756–760 (in Russ.).
19. Bogoslovskiy V.N. *Teplofizicheskie osnovy otopleniya, ventilyatsii i konditsionirovaniya* [Thermophysical Fundamentals of Heating, Ventilation and Air Conditioning]. Moscow, High school Publ., 1982. 415p.
20. Vavilov V.P. *Teplovye metody nerazrushayushchego kontrolya: Spravochnik* [Thermal Methods of Non-destructive Testing: Handbook]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1991. 240 p.
21. Tabunshchikov Yu.A., Khromets D.Yu. *Teplovaya zashchita ograzhdayushchikh - konstruksiy zdaniy i sooruzheniy* [Thermal Protection of Enclosing Structures of Buildings and Structures]. Moscow, Stroyizdat Publ., 1986. 381p.
22. Panfilov S.A., Kabanov O.V., Khremkin A.S. *Programma dlya sistemy avtomatizirovannogo opredele-niya teplofizicheskikh svoystv issleduemogo ob"ekta* [Program for the System for Automated Determination of Thermophysical Properties of the Object under Study]. Svidetel'stvo RF, no. 2016612034, 2016.
23. Svod Pravil 50.133330.2012 - *Teplovaya zashchita zdaniy. Aktualizirovannaya redaktsiya SNiP 23-02-2003* [Code of Regulations 50.133330.2012- Thermal protection of Buildings. Updated Version of SNiP 23-02-2003]. 2012.
24. Panfilov S.A., Kabanov O.V. [Energy Saving Algorithm for the Autonomous Heating Systems]. *International Journal of Advanced Biotechnology and Research (IJBR)*, 2016, vol 7, iss. 4, pp. 1395–1402.
25. Panfilov S.A., Kabanov O.V. [Determination of Thermal-Physical Properties of Facilities]. *Journal of Engineering and Applied Sciences*, 2016, vol. 11, iss. 13, pp. 2925–2929.

Received 27 September 2017

ОБРАЗЕЦ ЦИТИРОВАНИЯ

Панфилов, С.А. Метод определения реальных теплопотерь существующих строительных объектов / С.А. Панфилов, О.В. Кабанов // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». – 2017. – Т. 17, № 4. – С. 52–61. DOI: 10.14529/build170408

FOR CITATION

Panfilov S.A., Kabanov O.V. Method of Calculating Actual Heat Losses at the Existing Construction Facilities. *Bulletin of the South Ural State University. Ser. Construction Engineering and Architecture*. 2017, vol. 17, no. 4, pp. 52–61. (in Russ.). DOI: 10.14529/build170408