

**БЕСКОНТАКТНЫЙ СВЧ-МЕТОД
НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ
ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК
СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ**

М. В. Жарикова, А. В. Чернышов, В. Н. Чернышов

ФГБОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент д-р техн. наук, профессор А. А. Чуриков

Ключевые слова и фразы: бесконтактный метод; оперативность; СВЧ-излучение; температуропроводность; тепловая активность; теплопроводность.

Аннотация: Разработан и представлен новый метод бесконтактного неразрушающего контроля теплофизических характеристик, основанный на воздействии на исследуемый объект электромагнитным излучением СВЧ-диапазона, и реализующая его система. Дано математическое описание, позволяющее с достаточной технологической точностью определить искомые теплофизические характеристики.

В современном мире часто сталкиваются с проблемами рационального использования ресурсов, экономии энергетических ресурсов при строительстве сооружений различного назначения. Поэтому возникла необходимость создания и дальнейшего применения новых строительных материалов, обладающих более высокими показателями коэффициента сопротивления теплопередачи и соответственно более низкими значениями коэффициентов теплопроводности и температуропроводности. Соответственно, необходимо обладать знаниями о теплофизических характеристиках (**ТФХ**) новых современных материалах, чтобы правильно оценить качество и теплозащитные свойства строительных материалов, а в дальнейшем – строительных конструкций и изделий в целом.

Исходя из вышесказанного, разработан новый бесконтактный СВЧ-метод неразрушающего контроля ТФХ строительных материалов и изделий.

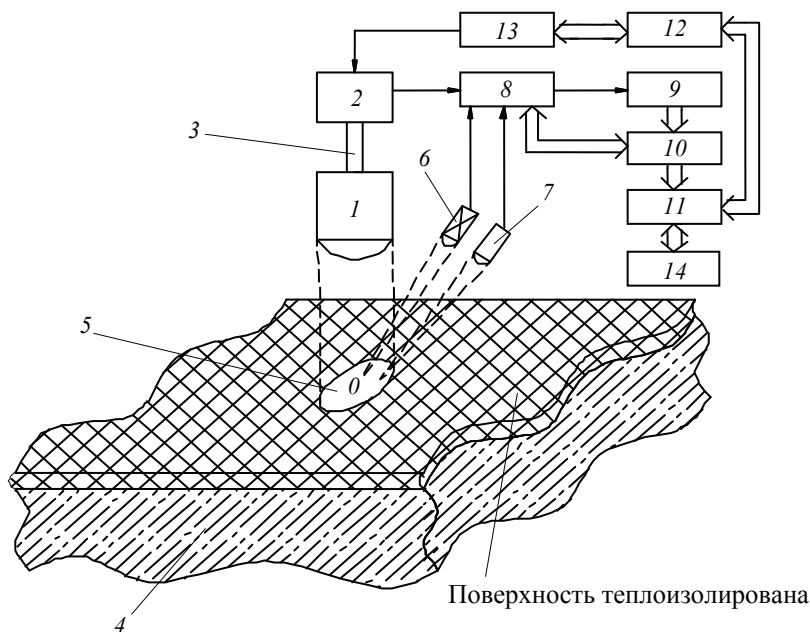
Жарикова Мария Валерьевна – аспирант кафедры «Уголовное право и прикладная информатика в юриспруденции»; Чернышов Алексей Владимирович – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры «Уголовное право и прикладная информатика в юриспруденции»; Чернышов Владимир Николаевич – доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Уголовное право и прикладная информатика в юриспруденции», e-mail: elters@crimeinfo.jesby.tstu.ru, ТамбГТУ, г. Тамбов.

На поверхность исследуемого строительного материала воздействуют электромагнитным полем СВЧ-диапазона, подаваемого через рупорную антенну 1, соединенную с СВЧ-генератором 2 волноводом 3, осуществляя нагрев исследуемого полуограниченного в тепловом отношении тела 4 через круговую область 5. При этом расстояние от рупорной антенны 1 СВЧ-генератора 2 подобрано так, чтобы минимизировать рассеивание электромагнитных волн в окружающую среду. Остальную поверхность исследуемого объекта 4 теплоизолируют от окружающей среды. После начала воздействия электромагнитного излучения СВЧ-диапазона измеряют избыточную температуру в центре круга 0 бесконтактным датчиком инфракрасного диапазона 6. Тепловой поток с поверхности круга замеряют с помощью ваттметра 7. Полученные данные с бесконтактного датчика 6, ваттметра 7 и СВЧ-генератора 1 поступают на коммутатор 8, затем на нормирующий прецизионный усилитель 9 и, через аналого-цифровой преобразователь 10, на микропроцессор 11, который соединен с СВЧ-генератором 1 через порт ввода-вывода 12 и цифро-аналоговый преобразователь 13. Используя полученную измерительную информацию, в микропроцессоре 11 определяются искомые ТФХ по алгоритмам, построенным на основе аналитических соотношений (1) – (3). Данные эксперимента могут быть вызваны оператором на индикатор 14.

Формула для определения тепловой активности исследуемого объекта b , $\text{м}^3 \cdot \text{К} / (\text{Вт} \cdot \text{с})$, имеет вид

$$b = \frac{2q\sqrt{\tau}}{T(0,0,\tau)\sqrt{\pi}}, \quad (1)$$

где q – удельный тепловой поток через круг заданного радиуса R , $\text{Вт}/\text{м}^2$; $T(0,0,\tau)$ – температурное поле в центре круга; τ – время, с.



Система бесконтактного метода неразрушающего контроля ТФХ материалов

**Теплофизические характеристики
исследуемых строительных материалов**

№ эксперимента	$a \cdot 10^{-6}$, м ² /с	λ , Вт/(м·К)	$a_{\text{справ}} \cdot 10^{-6}$, м ² /с	$\lambda_{\text{справ}}$, Вт/(м·К)	δ , %	$\delta\lambda$, %
Красный кирпич						
1	0,375	0,631	0,362	0,657	3,59	3,97
2	0,384	0,627	0,362	0,657	6,08	4,56
3	0,388	0,635	0,362	0,657	7,18	3,34
4	0,394	0,616	0,362	0,657	8,83	6,24
5	0,391	0,620	0,362	0,657	8,01	5,63
Керамзитный бетон						
1	0,266	0,526	0,283	0,562	6,01	6,4
2	0,267	0,529	0,283	0,562	5,65	5,87
3	0,268	0,528	0,283	0,562	5,30	6,04
4	0,268	0,528	0,283	0,562	5,30	6,04
5	0,267	0,529	0,283	0,562	5,65	5,87

Коэффициент температуропроводности определяется по соотношению

$$a = \frac{R^2}{\tau} Fo, \quad (2)$$

где Fo – критерий Фурье, м²/с.

Искомая теплопроводность определяется из известного соотношения

$$\lambda = b\sqrt{a}. \quad (3)$$

Для подтверждения работоспособности вышеизложенного метода проведены эксперименты на строительных материалах – красный кирпич, керамзитный бетон. Нагрев образцов осуществлялся при температуре окружающей среды 21 °С. В таблице приведены данные экспериментов соответственно для красного кирпича и керамзитного бетона.

Основным преимуществом разработанного метода является неразрушающий бесконтактный контроль ТФХ материалов, что позволяет получать данные о исследуемых объектах с большой оперативностью и точностью.

Кроме того, использование бесконтактного СВЧ-нагрева исследуемого объекта позволяет получить результаты, независимые от коэффициента степени черноты, шероховатости исследуемых объектов, что исключает дополнительную погрешность в полученных результатах. Нагрев происходит на поверхности материала без применения каких-либо нагревательных элементов (в роли нагревателя выступает часть исследуемого материала), что исключает зависимость от собственной теплоемкости нагревателя, искажающей температурное поле в исследуемых материалах, и повышает точность полученных результатов.

Следует также считать достоинством достаточно простые математические вычисления и возможность доступной реализации данного метода в строительной отрасли.

Список литературы

1. Чернышов, А. В. Метод и система оперативного контроля теплофизических характеристик строительных материалов / А. В. Чернышов, Д. О. Голиков, В. Н. Чернышов // Вестн. Тамб. гос. техн. ун-та. – 2009. – Т. 15, № 1. – С. 85 – 91.
2. Пат. 2399911 Российская Федерация, МПК G 01 N 25/18. Способ определения теплофизических характеристик строительных материалов (варианты) / Чернышов В. Н., Голиков Д. О., Чернышов А. В. ; заявитель и патентообладатель ГОУ ВПО «Тамб. гос. техн. ун-т». – № 2008145926/28 ; заявл. 20.11.2008 ; опубл. 20.09.2010, Бюл. № 26. – 17 с.
3. Чернышов, В. Н. СВЧ-метод и система оперативного контроля теплофизических характеристик строительных материалов / В. Н. Чернышов, А. В. Чернышов, Д. О. Голиков // Вести высш. учеб. заведений Черноземья. – 2010. – № 1. – С. 17 – 23.
4. Пюшнер, Г. Нагрев энергией сверхвысоких частот : пер. с англ. / Г. Пюшнер. – М.: Энергия, 1968. – 311 с.
5. Лыков, А. В. Теория теплопроводности / А. В. Лыков. – М.: Высшая школа, 1967. – 599 с.

References

1. Chernyshov A.V., Golikov D.O., Chernyshov V.N. *Transactions of the Tambov State Technical University*, 2009, vol. 15, no 1, pp. 85-91.
2. Chernyshov V.N., Golikov D.O., Chernyshov A.V., Tambov State Technical University, *Sposob opredeleniya teplofizicheskikh kharakteristik stroitel'nykh materialov (varianty)* (Method of determining the thermal characteristics of building materials (options)), Rossiiskaya Federatsiya, 2010, Pat. № 2399911.
3. Chernyshov V.N., Chernyshov A.V., Golikov D.O. *Vesti vysshikh uchebnykh zavedenii Chernozem'ya*, 2010, no. 1, pp. 17-23.
4. Puschner H. *Heating with microwaves. Fundamentals, components and circuit technique*, New York: Springer-Verlag, 1966.
5. Lykov A.V. *Teoriya teploprovodnosti* (The theory of heat conduction), Moscow: Vysshaya shkola, 1967, 599 p.

Contactless SHF Method for Nondestructive Testing of Thermal Characteristics of Construction Materials

M. V. Zharikova, A. V. Chernyshov, V. N. Chernyshov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: efficiency; microwave radiation; thermal activity; thermal conductivity; thermal diffusivity; non-contact method.

Abstract: The paper describes a new method of contactless non-destructive testing of thermal characteristics based on the effects of electromagnetic radiation of the microwave range on the object under study. Mathematical description, allowing sufficient technological precision to determine the desired thermal characteristics has been made.

© М. В. Жарикова, А. В. Чернышов, В. Н. Чернышов, 2014