

Т.Н. Курская, к.т.н., доцент, НУГЗУ

ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ДЛЯ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК СТРОИТЕЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ

(представлено д-ром техн. наук Чубом И.А.)

В статье рассматриваются методы неразрушающего контроля, позволяющие определить основные теплофизические характеристики строительных материалов.

Ключевые слова: теплофизические характеристики, теплоизоляционные материалы, температура, теплопроводность.

Постановка проблемы. В настоящее время одной из актуальных проблем является поиск энергосберегающих технологий и решений по реализации технологических процессов с минимальными тепловыми потерями, а также проведение термомодернизации используемых зданий и сооружений. Теплофизические характеристики (ТФХ) ограждающих конструкций существенно влияют на тепловой и воздушный режим зданий различного назначения, а также на работу внутренних систем коммуникаций, потребляющих значительное количество тепловой энергии. Учитывая, что в строительной теплотехнике широко используются многослойные ограждающие конструкции, через которые идут основные теплотери, то при разработке, испытании и эксплуатации таких конструкций необходимо знать основные теплофизические характеристики как отдельных слоев, так и конструкции в целом [1-3].

Для решения задач энергосбережения и снижения теплотерь в окружающую среду необходимо учитывать основные ТФХ материалов, такие как теплопроводность, температуропроводность, теплоемкость, тепловая активность. Новые теплоизоляционные материалы, которые производятся серийно в Украине или ввозятся в страну, необходимо согласно ДБН В.2.6-31:2006, сертифицировать по реальным значениям коэффициента теплопроводности, в связи с чем, возникает необходимость средств измерения теплофизических характеристик строительных материалов.

Анализ последних достижений и публикаций. Для определения ТФХ материалов применяют стационарные, нестационарные и комплексные методы, основанные на теории теплопроводности при стационарном или нестационарном тепловом режимах [3-7]. Экспериментальное определение ТФХ материалов стационарными методами имеет свои недостатки: сопровождается утечками тепла, скачком температуры на границе твердого тела и газа (жидкости). При исследова-

нии влажных материалов происходит также искажение опытных данных за счет перераспределения влаги в образце. В нестационарных методах исследования ТФХ материалов снижены требования к тепловой защите, затрачивается меньше времени и тепловой энергии при проведении эксперимента. Комплексные методы позволяют определять одновременно несколько ТФХ образца на одной установке.

Измерения теплопроводности теплоизоляционных материалов в Украине регламентировано рядом государственных и международных стандартов (ДСТУ ISO 8301:2007, ДСТУ ISO 8302:2008, ДСТУ БВ 2.7-105-2000 (ГОСТ 7076-99), ДСТУ БВ 2.7-40-95). Наиболее полную информацию о ТФХ исследуемых материалов содержит температурное поле, определяемое из решения краевых задач теплопроводности для условий проведения конкретного теплофизического эксперимента. Для создания математических моделей тепловых процессов в исследуемых образцах необходимо определить температурное поле в объекте при различных видах теплового воздействия на его поверхность [6,7].

Постановка задачи и решение. Используя тепловые методы неразрушающего контроля можно достаточно точно определить основные ТФХ материалов, а также качество исследуемых материалов и изделий.

Для исследования ТФХ строительных материалов была создана экспериментальная установка, представленная на рис. 1, состоящая из миниатюрной печи МК-500, блока регулирования МИК-22, блока питания и образцов строительных материалов.



Рис. 1. Экспериментальная установка для определения теплофизических характеристик строительных материалов

На поверхности исследуемого образца, теплоизолированного от окружающей среды в печи МК, помещается линейный импульсный источник тепла, а на заданном расстоянии – рабочие концы двух термопреобразователей. Затем от источника тепла (нагревателя) подается те-

пловой импульс заданной мощности и фиксируется такой момент времени τ_1 , при котором соотношение между избыточными температурами достигнет определенного, наперед заданного значения

$$T(x_1, \tau_1) = nT(x_2, \tau_1), \quad (1)$$

где $T(x_1, \tau_1)$ и $T(x_2, \tau_1)$ – соответственно, температура в двух равноотстоящих от линейного источника тепла в точках поверхности исследуемого образца x_1 и x_2 в момент времени τ_1 ; n – постоянный коэффициент ($n > 1$).

При установлении такого соотношения фиксируется мощность источника тепла и измеряется температура $T(x_1, \tau_1)$ в точке x_1 . Определение времени τ_1 осуществляется путем непрерывного сравнения термо-э.д.с. E_{T1} термоэлектрического преобразователя, расположенного в точке x_1 , и усиленной в n -раз термо-э.д.с. E_{T2} в точке x_2 , а момент времени τ_2 наступает при достижении равенства $E_{T1} = nE_{T2}$ (нулевой метод).

Предлагаемый метод позволяет определить комплекс ТФХ исследуемых материалов в течение одного опыта без нарушения структуры материала. Расчетные формулы для вычисления имеют вид:

$$\alpha = \frac{x_2^2 - x_1^2}{4\tau_1 \ln n}; \lambda = \frac{P_0}{2\pi T(x_1, \tau_1)\tau_1} \exp\left(-\frac{\lambda_1}{4\alpha\tau_1}\right); (c\rho) = \lambda / a, \quad (2)$$

где a – температуропроводность материала; λ – коэффициент теплопроводности; α – коэффициент конвективного теплообмена; ρ_0 – плотность материала; $(c\rho)$ – объемная теплоемкость материала.

Однако, при определении момента времени τ_1 приходится непрерывно сравнивать сигналы двух термопреобразователей. Для устранения этого в момент времени τ_1 измеряют температуры в точках поверхности тела x_1 и x_2 . Это упрощает реализацию метода и снижает погрешности результатов измерений, так как момент времени τ_1 в этом случае может быть задан с высокой степенью точности.

Окончательные расчетные формулы имеют вид:

$$\alpha = \frac{x_2^2 - x_1^2}{4\tau_1} \left[\ln \frac{T(x_1, \tau_1)}{T(x_2, \tau_2)} \right]^{-1}; \lambda = \frac{P_0}{2\pi\tau_2 T(x_1, \tau_1)} \exp\left(-\frac{x_1^2}{4\alpha\tau_1}\right), \quad (3)$$

где x_1 и x_2 – координаты точек, расположенных на заданном расстоянии от линии действия источника тепла; τ_1 – заранее заданный момент времени контроля температур в точках x_1 и x_2 ; $T(x_1, \tau_1)$ и $T(x_2, \tau_1)$ – соответственно, температуры в указанных точках в момент времени τ_1 .

Для повышения точности, после подачи теплового импульса в два заранее заданных момента времени τ_1 и τ_2 измеряем температуру в одной точке поверхности исследуемого тела, расположенной на задан-

ном расстоянии от линии действия источника тепла. При этом повышение точности происходит из-за устранения погрешности от возмущающего действия второго термопреобразователя и от необходимости его расположения в строго фиксированной точке поверхности исследуемого образца.

Выводы. Методы неразрушающего контроля позволяют определить качество исследуемых материалов и изделий, обладают высокой оперативностью и широкими функциональными возможностями. Осуществление эксперимента на одном образце существенно повышает точность определения ТФХ материала.

ЛИТЕРАТУРА

1. Осипова М.Н. Комплексное определение температурной зависимости теплофизических свойств веществ / М.Н. Осипова, В.А. Осипова // Теплоэнергетика – 1971. – № 6. – С. 84-85.

2. Бычковский Р.В. Приборы для измерения температуры контактным способом / Бычковский Р.В. – Львов: Вища школа, 1978.– 208 с.

3. Григорьев В.А., Зорин В.М. Тепло- и массообмен. Теплотехнический эксперимент: Справочник / В.А. Григорьев, В.М. Зорин; Под ред. В.А. Григорьева и В.М. Зорина. – М.: Энергоиздат, 1982. – 512 с.

4. Платунов Е.С. Теплофизические измерения и приборы / С.Е. Буравой, В.В. Курепин; под ред. Е.С. Платунова. – Л.: Машиностроение, 1986. – 256 с.

5. Ярышев Н.А. Теоретические основы измерения нестационарных температур / Н.А. Ярышев. – Л.: Энергия, 1967. – 300 с.

6. Бойков Г.П. Определение теплофизических свойств строительных материалов / Г.П. Бойков, Ю.В. Видин, В.М. Фокин. – Красноярск: Изд-во Красноярского университета, 1992. – 172 с.

7. Волохов Г.М. Определение коэффициента температуропроводности при реализации комбинированных граничных условий / Г.М. Волохов // ИФЖ. – 1966. – Т. 11, № 5. – С. 582-586.

Т.М. Курська

Застосування методів неруйнівного контролю для визначення теплофізичних характеристик будівельних матеріалів

У статті розглядаються методи неруйнівного контролю, які дозволяють визначити основні теплофізичні характеристики будівельних матеріалів.

Ключові слова: теплофізичні характеристики, теплоізоляційні матеріали, температура, теплопровідність.

T.N. Kurskaya

The use of nondestructive methods for thermophysical characteristics of building materials

This article discusses methods of nondestructive testing to help you determine the basic thermal characteristics of building materials.

Keywords: thermal characteristics, insulation materials, temperature, thermal conductivity.