

УДК 536.2

А.И.Богоявленский (6 курс, каф. КТиЭТ), С.И.Ханков, д.т.н. (НИЦ2 4ЦНИИ МО РФ)

## МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ДЛЯ РАЗРАБОТКИ МЕТОДОВ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ ТЕПЛООВОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ

Актуальной является задача контроля тепловых потерь и повышения энергетической эффективности помещений. В законодательстве четко прописаны требования к тепловым сопротивлениям ограждающих конструкций в зависимости от типа помещения.

Наиболее точными методами измерения удельных тепловых сопротивлений стенок (как составных, так и однослойных), разделяющих две среды (в частности, отделяющих нагретый воздух в комнате от холодного воздуха снаружи здания), являются методы, основанные на измерениях проходящего через стенку теплового потока и перепада температур по ее толщине в стационарном тепловом режиме. Очевидным недостатком таких методов является чрезвычайно большое время, требуемое для установления стационарного режима, которое измеряется сутками, после чего сами измерения проводятся быстро.

Весьма актуальной задачей следует считать разработку таких методов, которые позволяли бы проводить измерения задолго до наступления стационарного теплового режима, желательно на начальной стадии нестационарного теплового режима. Такая задача решается с использованием импульсных источников тепловой мощности. Высокая сложность обработки результатов измерений приводит к необходимости использования сложной аппаратуры и значительному удорожанию экспериментальных исследований. В то же время такие методы по самой своей сущности не могут обеспечить достаточно высокой точности и достоверности определения искомой величины – теплопроводности материала исследуемого слоя или эффективной теплопроводности последовательно соединенных слоев.

В представленной работе исследована возможность экспериментального измерения тепловых сопротивлений ограждающих конструкций методом, в котором тепловой поток подается в стенку с одной стороны и принимается с другой с помощью двух контактных теплообменников, изолированных от окружающей среды, с одинаковым массовым расходом теплоносителя. Параметры теплообменников подобраны так, чтобы поток был максимально одномерным.

Показано, что для определения коэффициента температуропроводности однородной однослойной стенки достаточно знать массовый расход и температуры на входах и выходах теплообменников. Контроль указанных параметров не представляет сложности. Для большинства материалов хорошо известна объемная теплоемкость и, таким образом, по результатам измерений можно определить коэффициент теплопроводности и тепловое сопротивление стенки. Благодаря тепловой изоляции теплообменников от окружающей среды нет необходимости заниматься трудоемкими оценками теплотерь в среду за счет конвективного и лучистого теплообмена. Поскольку в любой момент времени известны входной и выходящий тепловые потоки, по их разности можно строго определить боковые теплотери.

Также установлено, что время прогрета стенки до установления в ней стационарного профиля температур весьма велико и, в зависимости от коэффициента теплопроводности и толщины стенки, может составить несколько суток.

Исследован вопрос о возможности определения коэффициента температуропроводности однородной однослойной стенки, не дожидаясь установления в

ней стационарного поля температур. Введем понятие времени прогрева  $Fo_1$  – это время, за которое температура на поверхности охлаждения повысится на  $\Delta t_2 = 0,01-2^\circ\text{C}$ . Если окажется, что время прогрева зависит от перегрева на охлаждающей поверхности линейно, то, зная теоретическую зависимость  $Fo_1(\Delta t_2)$  и определенное в эксперименте время прогрева

$\tau_1(\Delta t_2)$ , можно определить коэффициент температуропроводности по формуле  $a = \frac{l^2}{\tau_1} Fo_1$ .

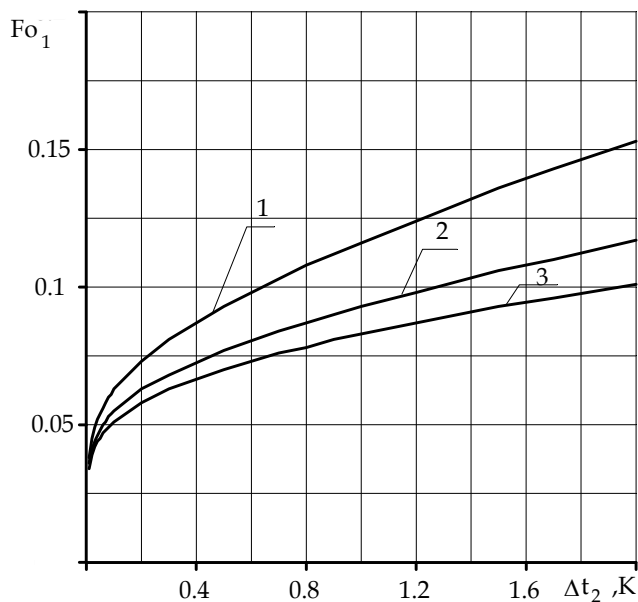


Рис. 1

На рис. 1 представлена зависимость  $Fo_1(\Delta t)$  для стенки с параметрами, характерными для строительных материалов.

Зависимость критериального числа  $Fo_1$ , выбранного в качестве критерия длительности первой стадии нагрева плоской стенки, от перегрева ее противоположной от источника тепловой мощности поверхности при значении критерия  $Bi_1=10$  и при температуре источника, равной:  $40^\circ\text{C}$  (линия 1),  $60^\circ\text{C}$  (линия 2) и  $80^\circ\text{C}$  (линия 3).

Видно, что линейный участок существует и соответствует перепаду температур, который можно измерить с помощью термопары. Оценки показывают, что реальное время прогрева составляет несколько часов, то есть по сравнению со

стационарным методом выигрыш во времени оказывается существенным.