

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОМПЛЕКСА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИХ СВОЙСТВ НЕСТАЦИОНАРНЫМ МЕТОДОМ

Д.И. Глухий

Томский политехнический университет
ЭНИН, АТЭС, группа 5021

Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего профессионального образования Национальный исследовательский Томский политехнический университет, кафедра Атомных и тепловых электростанция, группа 5021

В данной работе рассматривалась установка, работа которой основана на методе сочетания квазистационарного и стационарного теплового режимов. Данный метод используется при экспериментальном определении коэффициентов температуропроводности и теплопроводности (КТ).

Рассмотрим теорию метода на примере нагрева неограниченной пластины толщиной δ . Теплофизические свойства материала пластины будем считать постоянными. Тогда математическая постановка задачи будет иметь вид:

$$\frac{\partial T(x, \tau)}{\partial \tau} = a \frac{\partial^2 T(x, \tau)}{\partial x^2}, \quad (1)$$

$$T(x, 0) = T_{нач} = const, \quad (2)$$

$$x=0, \quad T(0, \tau) = T_0 = const, \quad (3)$$

$$x=\delta, \quad \lambda \frac{\partial T(\delta, \tau)}{\partial x} = q_F = const, \quad (4)$$

где x, τ, a, λ – координата, время, коэффициенты температуропроводности и теплопроводности, соответственно. Решение данной задачи подробно изложено в [2], поэтому приведем формулы, которые используются при экспериментальном определении коэффициентов температуропроводности и КТ:

$$T(\delta, Fo) = T_0 + \frac{q_F \delta}{\lambda} \left[1 + \frac{8}{\pi^2} \exp(-m\tau) \right], \quad (5)$$

$$T(\delta, \infty) = T_0 + \frac{q_F \delta}{\lambda}. \quad (6)$$

Ниже представлена принципиальная схема установки.

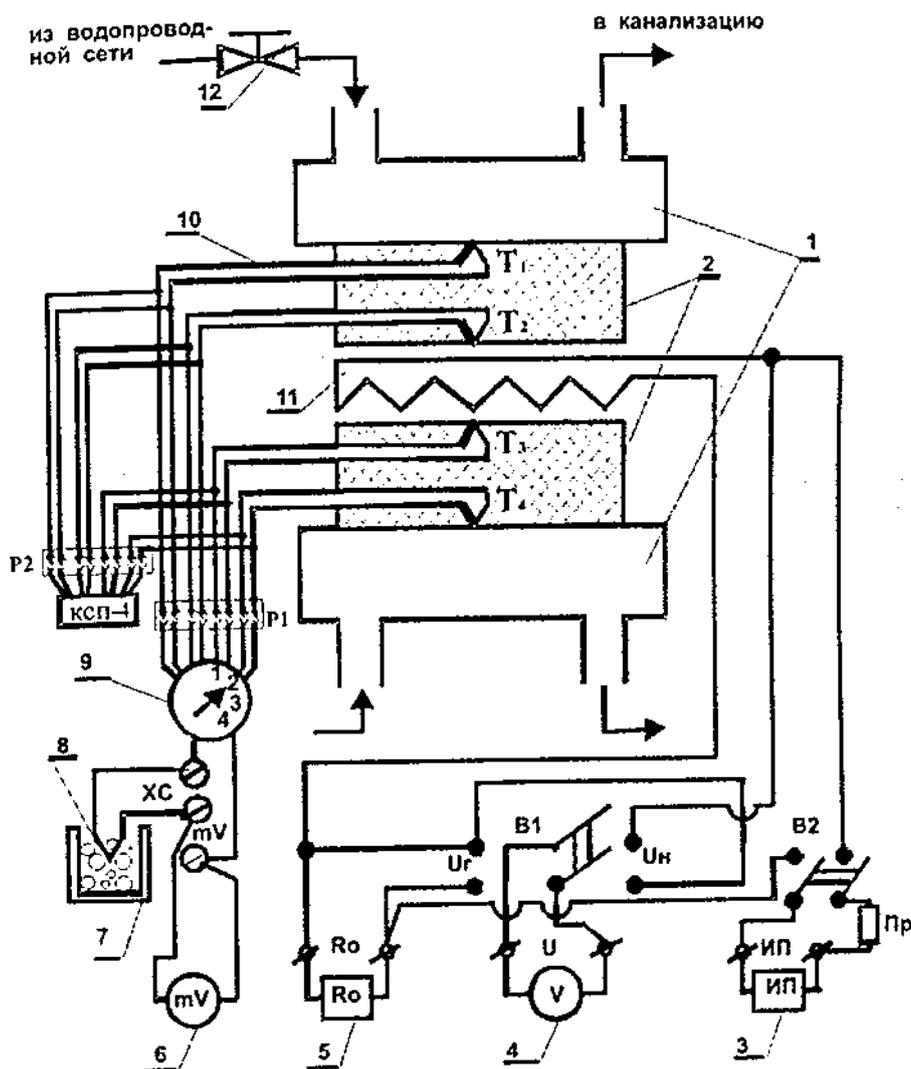


Рис. 1. Принципиальная схема экспериментальной установки: 1 – холодильник; 2 – образец; 3 – источник питания; 4 – вольтметр; 5 – образцовое сопротивление; 6 – милливольтметр; 7 – сосуд Дьюара; 8 – холодный спай; 9 – переключатель термопар; 10 – термопары; 11 – нагреватель; 12 – вентиль

Два одинаковых по размеру образца 2 с расположенным между ними плоским электрическим нагревателем 11 помещены между двумя холодильниками 1. Через холодильники протекает холодная проточная вода. На противоположных поверхностях, каждого из образцов, заложены термопары 10. Общий холодный спай помещен в сосуд Дьюара 7 с тающим льдом. Подача напряжения на нагреватель осуществляется тумблером В2 от источника постоянного тока 3. Для измерения электрических параметров нагревателя используется цифровой вольтметр постоянного тока 4. Определение силы тока, протекающего через нагреватель, осуществляется с помощью

измерения падения напряжения на известном по величине образцовом сопротивлении 5 при установке тумблера В1 в положение " U_R ".

В эксперименте регистрировалось термо – ЭДС четырех хромель – алюмелевых термопар и по данным НСХ получены значения температур образца в характерных точках.

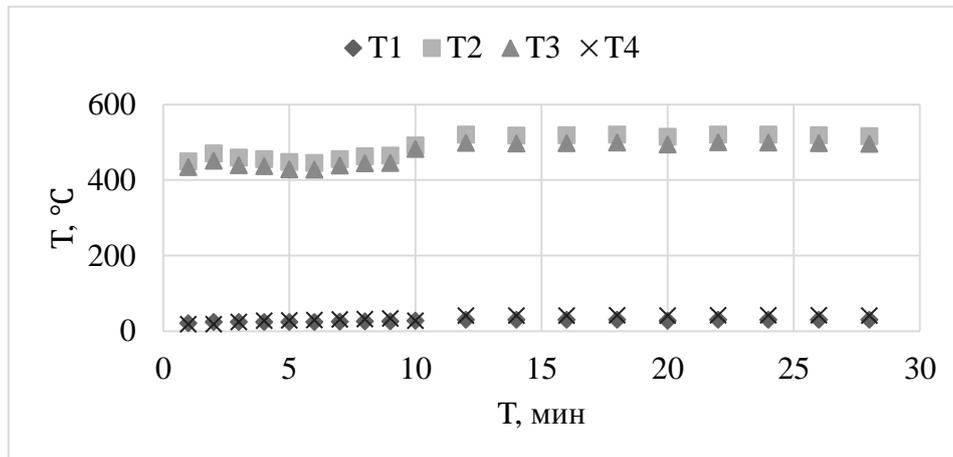


Рис. 2. Данные эксперимента

Параметры образцов следующие: материал – ТЗМК – 10; $\delta = 5,5/5,3$ мм – толщина; $\delta_{np} = 0,5$ мм – поправка на глубину залегания термопар с обеих сторон; $L = 35,8/36,2$ мм – длина; $S = 11,4/10,7$ мм – ширина. Напряжение на нагревателе составило $U_H = 0,53$ В; падение напряжения на эталонном сопротивлении $U_R = 0,15$ В; при сопротивлении $R = 0,01$ Ом.

На стационарной стадии (с 12 мин.) определяется КТ по формуле полученной из (6):

$$\lambda = \frac{\left(U_H \frac{U_R}{R} \right) (\delta - \delta_{np})}{(T_2 - T_x) SL} \quad (7)$$

Приведя формулу (5) к безразмерному виду и построив зависимость $Fo = f(\tau)$ можно определить коэффициент температуропроводности по соотношению [2]:

$$a = \delta^2 \operatorname{tg} \alpha \quad (8)$$

Коэффициент объемной теплоемкости определяют по формуле связи

$$C_p \rho = \lambda / a \quad (9)$$

В результате проведенных расчетов были получены следующие значения: КТ среднее для двух образцов $\lambda = 0,1038 \pm 0,0003_{0,95}$ Вт/мК; $a = 560 \cdot 10^{-9}$ м²/с; $C_p \rho = 185,357$ кДж/Км³. В данном методе принима-

лось, что КТ не зависит от температуры что для данного материала можно принять лишь при малых теплоперепадах. В диссертации [1] приводится таблица теплофизических свойств ТЗМК - 10 в зависимости от температуры. Подсчитав среднеинтегральное значение КТ в диапазоне температур $0 \div 600$ °С можно получить следующие табличные данные: $\lambda = 0,1031$ Вт/мК; $a = 719 \cdot 10^{-9}$ м²/с; $C_p \rho = 143,368$ кДж/Км³.

Анализируя полученные результаты можно прийти к выводу, что данная установка позволяет достаточно точно определить КТ при стационарном режиме. В свою очередь определение температуропроводности дает большую погрешность так a вычисляется по формулам основанном на методе не учитывающем изменение КТ от температуры.

ЛИТЕРАТУРА:

1. А. В. Моржухина Высокоточные методы экспериментального и математического моделирования процессов теплообмена в слоях высокопористых теплозащитных покрытий летательных аппаратов. – МАИ, 2014. – 118 с.
2. Методы определения теплопроводности конденсированных сред: учебное пособие / А. С. Заворин, А. В. Кузьмин, Ю. Я. Раков; Томский политехнический университет (ТПУ). — Томск: Изд-во ТПУ, 2009. — 184 с.

Научный руководитель: Ю.Я. Раков, к.т.н., доцент, каф. АТЭС ЭНИН ТПУ.

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ АНАЛИЗА ЭФФЕКТИВНОСТИ ОТОПИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ

А.О. Горкунов², С.В. Шидловский^{1,2}

¹НИ ТПУ, ЭНИН, АТП

²НИ ТПУ, ЭНИН, АТП, гр. 5БМ4Д

В данном тексте рассмотрены математические модели традиционной системы и геотермальной системы с теплым полом и их сравнение. В качестве параметров сравнения принимаются распределения температурных полей.