

# **РОЛЬ УЧЕБНОГО ЛАБОРАТОРНОГО ПРАКТИКУМА ПО ТЕПЛОФИЗИКЕ В ФОРМИРОВАНИИ ПК СТУДЕНТОВ, ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО НАПРАВЛЕНИЮ 20.03.01 ТЕХНОСФЕРНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ**

**Анисина, И.Н., Волков Е.В., Четверикова А.Г.  
Оренбургский государственный университет, г. Оренбург**

Знание теплофизических законов является одним из необходимых условий интенсивного развития промышленности, снижения материальных и энергетических затрат, повышения качества ее продукции и обеспечения экологической безопасности.

Научной базой теплофизики являются основные теоретические положения физики, химии, математики и других естественнонаучных дисциплин.

В совокупности с другими курсами базовой части профессионального цикла ФГОС ВО дисциплина «теплофизика» обеспечивает формирование профессиональных компетенций бакалавра: способностью использовать законы и методы математики, естественных, гуманитарных и экономических наук при решении профессиональных задач (ПК-21) и способностью применять на практике навыки проведения и описания исследований, в том числе экспериментальных (ПК-22) [1].

Реализация профессиональных компетенций возможна как во время выполнения научно-исследовательской работы студентами по базовым или специальным дисциплинам [2-4], так и во время выполнения лабораторных практикумов, предусмотренных учебным планом. В результате выполнения лабораторного практикума по теплофизике бакалавр должен:

- знать основные теплофизические характеристики, законы термодинамики, циклы холодильных и тепловых машин, основы теории теплообмена;

- уметь применять теоретические знания к решению конкретных задач теплопереноса;

- владеть навыками применения основных теплофизических законов к решению конкретных прикладных задач, навыками применения современных средств измерения величин, определяющих теплофизические процессы, методами экспериментального исследования теплофизических характеристик.

Применение функциональных материалов различного назначения требует экспериментального определения их теплопроводности, теплоемкости и температуропроводности. Тепловые измерения отличаются трудоемкостью и сравнительно низкой точностью [5]. Для совершенствования сертификации изделий по теплофизическим свойствам необходима разработка автоматизированных рабочих приборов и освоение гостированных методов. В процессе выполнения лабораторного практикума по теплофизике студенты знакомятся с двумя методами определения теплопроводности: металлов и

диэлектриков [6-8]. Лабораторные исследования проводятся на учебно-лабораторном комплексе ЛКТ-8.

Идея определения коэффициента теплопроводности следующая. Между нагревателем и радиатором, отбирающим строго определенную порцию энергии в единицу времени, устанавливаем тепловой контакт только через исследуемый образец, размеры которого заданы заранее ( $S$  и  $\Delta x$ ). Перепишем уравнение Фурье в виде:

$$\frac{dQ}{dt} = k \frac{T_1 - T_2}{\Delta x} S, \quad (1)$$

где  $\frac{dQ}{dt} = W$  - тепловая энергия, которая передается через поперечное сечение  $S$  в единицу времени.

Согласно закону Джоуля-Ленца:

$$W = W_1 - W_2 = (I_1 U_1 - I_2 U_2), \quad (2)$$

где  $W_i$  - мощность, выделяющаяся в нагревателе при прохождении по нему тока  $I_i$  (при напряжении  $U_i$ ),  $W_2$  - мощность потерь.

Тогда коэффициент теплопроводности рассчитывается по формуле:

$$k = \frac{(I_1 U_1 - I_2 U_2) \Delta x}{S(T_1 - T_2)}. \quad (3)$$

Модуль ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ МЕТАЛЛОВ (рисунок 1,а) содержит нагреватель 1 с тепловыделяющим элементом 2 и радиатор 6 с вентилятором 7. Исследуемые образцы – металлические пластины 5 крепятся на нагревателе и радиаторе с помощью винтов 3 и гаек 4. В месте контактов образца с нагревателем и радиатором смонтированы датчики температуры. Гайки обеспечивают тепловой контакт датчиков с нагреваемым и охлаждаемым концами пластин-образцов. Все элементы модуля установлены на основании 8. Нагреватель, вентилятор и датчики температуры с помощью специального кабеля через разъем 9 подключаются к блоку ИСТ-4К (рисунок 1,б).

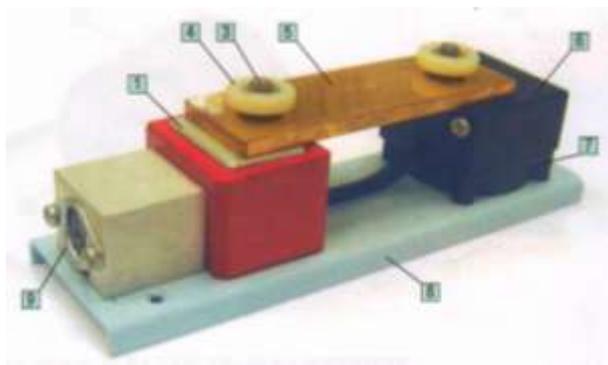


Рисунок 1, а – Модуль  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТЬ  
МЕТАЛЛОВ



Рисунок 1, б – Передняя панель ИСТ-4К

Блок ИСТ-4К содержит регулируемый блок питания, измеритель температуры нагревателя ( $T_1$ ) и радиатора ( $T_2$ ), напряжения ( $U_1$ ) и тока нагревателя ( $I_1$ ), режимы индикации прибора ИСТ-4 выбираются переключателем S1 ( $T_1, T_2, I_1, U_1$ ). Напряжение на нагревателе регулируется переключателем «Питание  $U_1$ ». В модуле предусмотрено устройство стабилизации температуры нагревателя, режим работы которого для температуры  $T_1$  выбирается ручкой «Термостат». О выходе стабилизатора на установленный режим сигнализируют светодиоды.

Определение теплопроводности образца основано на измерении мощности нагрева и установившейся разности температур двух точек образца, разнесенных на расстояние  $\Delta x = 65$  мм (эффективное расстояние между точками контакта датчиков температуры с образцом).

Чтобы уточнить значение тепловой мощности, поступающей в образец, необходимо определить мощность потерь в окружающей среде. Для этого к нагревателю вместо образца прикрепляют алюминиевую шайбу, а затем термостатируют при температуре  $T_1$ , соответствующей режиму измерения теплопроводности.

По величине напряжения и тока, необходимым для того, чтобы поддержать режим стабилизации  $T_1$ , определяют мощность потерь  $W_2$ . Затем по формуле (2) находят мощность потока тепла  $W$ , передаваемую в образец.

Для определения коэффициента теплопроводности диэлектриков используется модуль ПЕЧЬ-ТЕРМОСТАТ (рисунок 2,а), а также модуль БАЛЛАСТНЫЙ КАЛОРИМЕТР (рисунок 2,б).

Он содержит алюминиевый цилиндр 1, датчик температуры 2 и теплоизолирующий кожух 3. Датчик с помощью разъема 4 подключается ко входу Д2 блока ИСТ-4К (рисунок 1,б).

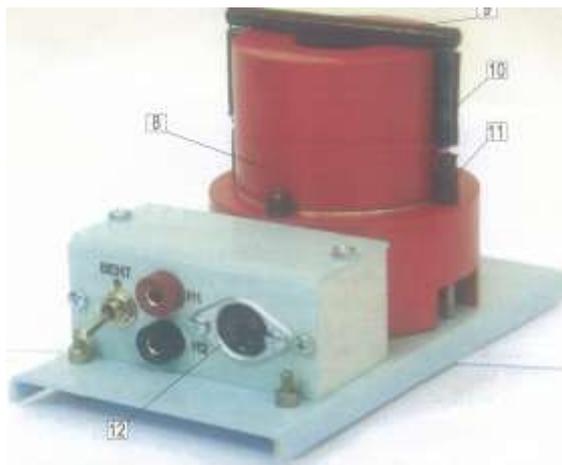


Рисунок 2, а – Модуль ПЕЧЬ-  
ТЕРМОСТАТ

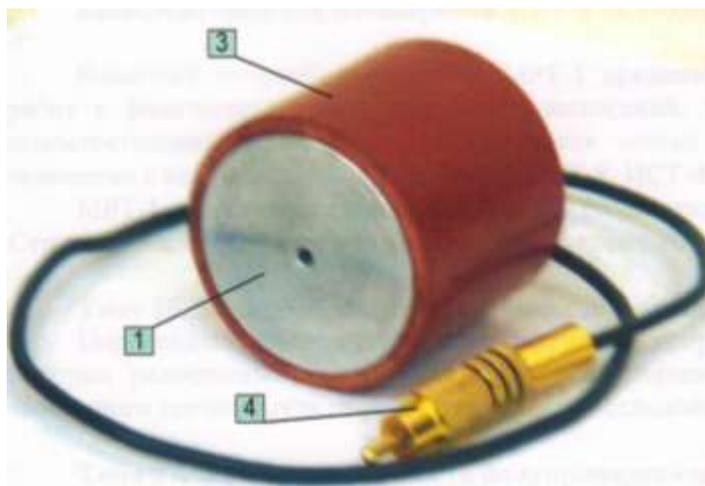


Рисунок 2, б - Модуль БАЛЛАСТНЫЙ  
КАЛОРИМЕТР

**На печь термостата, прогретую до температуры 60-80 °С, помещают образец (диск) из исследуемого материала.**

Сверху накладывают холодный балластный калориметр и прижимают его стержнем с пружинами. Проводят измерения температуры печи  $T_1$  и температуры цилиндра калориметра и интервалом 30-60 с.

По скорости нагрева цилиндра и его теплоемкости  $C$  определяют теплопроводность материала. Перепишем уравнение Фурье в виде:

$$C \frac{dT_2}{dt} = k \frac{T_1 - T_2}{h} S, \quad (4)$$

где  $T_1$  - температура печи, К;

$T_2$  - температура калориметра, К;

$h$  - толщина исследуемого образца, м;

$S$  - площадь контакта цилиндра с образцом (меньшее значение из площади торца цилиндра калориметра и площади сечения образца), м<sup>2</sup>;

$C = 125$  Дж/К – теплоемкость калориметра.

Отсюда коэффициент теплопроводности равен:

$$k = \frac{C(dT_2/dt)h}{S(T_1 - T_2)} \quad (5)$$

Таким образом, трудно переоценить роль учебного лабораторного практикума, осваиваемого бакалаврами, в формировании их профессиональных компетенций.

#### Список литературы

1. Приказ «Об утверждении федерального государственного образовательного стандарта высшего образования по направлению подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность (уровень бакалавриата)». Режим доступа: [http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak\\_20.03.01.pdf](http://www.osu.ru/docs/fgos/vo/bak_20.03.01.pdf)

2. Четверикова, А. Г. Роль физико-химической трансдукции на примере реакции Белоусова-Жаботинского в формировании ОПК студентов специальности «Аналитическая химия» [Электронный ресурс] / А. Г. Четверикова, Ф. Г. Узенбаев, Н. А. Чигринева, В. В. Абрамова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 3-5 февр. 2016 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2016. – С. 3356-3361.

3. Четверикова, А. Г. Формирование исследовательских компетенций в области естественных наук у студентов, обучающихся по специализации «Аналитическая химия», при изучении курса общей физики [Электронный ресурс] / А. Г. Четверикова, В. Г. Узенбаев, Е. А. Осипова, А. И. Дюсенов // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2015. – С. 1117-1122.

4. Стрекаловская, А. Д. НИРС как средство реализации компетенций на примере бакалавриата профиля ИДМБ [Электронный ресурс] / А. Д.

Стрекаловская, О. Н. Каныгина, Н. С. Ретенр, В. В. Шишкин, А. К. Сагындыкова // Университетский комплекс как региональный центр образования, науки и культуры : материалы Всерос. науч.-метод. конф. (с междунар. участием), 4-6 февр. 2015 г., Оренбург / Оренбург. гос. ун-т. – Электрон. дан. – Оренбург, 2015. – С. 1112-1116.

5. Корнев, Е.А. Измерение коэффициента теплопроводности строительных термоизоляционных материалов / Е. А. Корнев, В. М. Лелевкин, А. С. Лелюхин, М. Г. Петрушанский, А. Г. Четверикова // Измерительная техника. - 2000. - № 7. – С. 51-53.

6. Четверикова, А. Г. Лабораторный практикум по теплофизике : учебное пособие / А. Г. Четверикова, О. С. Кравцова, И. Н. Анисина, Е. В. Волков. – Оренбург : ОГУ, 2015. – 110 с. ISBN 978-5-7410-1223-9.

7. Четверикова, А. Г. Теплопроводность кирпичных глин Оренбуржья / А. Г. Четверикова, О. Н. Каныгина, А. А. Огерчук // Вестн. Оренбург. гос. ун-та. – 2014. - № 1 (162). – С. 218-222.

8. Старостин, А. А. Специальные температурные измерения / А. А. Старостин, Е. М. Шлеймович, В. Г. Лисиенко. - Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. — 168 с. ISBN 978-5-7996-1825-4.

