

## КРАТКИЕ СООБЩЕНИЯ

УДК 772.96

DOI: 10.17223/00213411/65/10/135

## НОВЫЙ СПОСОБ ИЗМЕРЕНИЯ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ЖИДКОСТЕЙ\*

Д.Ю. Головин<sup>1</sup>, А.А. Самодуров<sup>1</sup>, А.И. Тюрин<sup>1</sup>, А.Г. Дивин<sup>1,2</sup>, Ю.И. Головин<sup>1,3</sup><sup>1</sup> Тамбовский государственный университет им. Г.Р. Державина, г. Тамбов, Россия<sup>2</sup> Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия<sup>3</sup> Московский государственный университет им. М.В. Ломоносова, г. Москва, Россия**Ключевые слова:** измерение теплопроводности жидкостей, вода, глицерин, масло.

Теплофизические характеристики (ТФХ) жидкостей важны во многих природных и технологических процессах, где происходит теплоперенос с их участием. Для определения ТФХ жидкостей в основном используются три семейства методов и соответствующих конфигураций эксперимента, в которых тестируемое вещество образует плоский горизонтальный слой, цилиндрический слой или окружает горячую проволоку [1–3]. Эти же способы используют и для тестирования наножидкостей [4, 5]. Все они требуют наличия измерительной ячейки определенной конфигурации и имеют те или иные ограничения и недостатки, поэтому разработка новых способов определения ТФХ жидких, геле- и тестообразных сред весьма актуальна. В работе описан простой и удобный экспресс-способ определения теплопроводности таких сред, не требующий отбора пробы и помещения ее в измерительную ячейку.

Для отработки этого способа в качестве образцов были использованы: вода дистиллированная, водный раствор глицерина (20, 50, 70%), глицерин (99.5%), масло растительное подсолнечное рафинированное, масло моторное минеральное Лукойл Мото 2Т.

Измерение теплопроводности жидкости в работе осуществлялось при помощи термозонда (вставка на рис. 1). Он представляет собой металлический стержень с полусферой на конце, которая на время измерения погружается в жидкость. Термозонд содержит термопары и электронагреватель для создания теплового потока. Перед измерением стержень разогревается до равновесного состояния, а затем приводится в контакт с испытуемой жидкостью. После достижения нового равновесного состояния регистрируются температуры  $T_1$  и  $T_2$  на участке стержня известной длины  $l$ .

Вычисление теплопроводности жидкости производилось на основе измерений теплового потока в стержне и разности температур между погруженной в жидкость полусферой радиуса  $R$  и исходной температурой исследуемой жидкости. Характерное время установления стационарного распределения температур в жидкости – порядка  $R^2/a_f$ , а в контролируемой части стержня – порядка  $l^2/a_m$ , что для используемых материалов и геометрии в обоих случаях составляет порядка 10–30 с ( $a_f$  и  $a_m$  – коэффициенты температуропроводности жидкости и стержня соответственно). Медленные по сравнению с этим интервалом времени изменения температуры нагревателя не оказывают существенного влияния на результаты измерения, так что на временах  $> 50$ – $100$  с состояния системы можно считать квазистационарным.

В приближении малой роли конвекции по сравнению с теплопроводностью и бесконечно большой теплопроводности материала полусферы по сравнению с исследуемой жидкостью распространение тепла в ней сферически симметрично. В стационарном режиме связь между тепловым потоком  $Q_1$  на границе полусферы и разностью температур  $\Delta T$  между ее поверхностью  $T_s$  и температурой жидкости  $T_0$  хорошо известна и записывается в виде  $Q_1 = 2\pi\lambda_f R \Delta T$ . В пренебрежении тепловым сопротивлением полусферы  $\Delta T = T_2 - T_0$ .

Тепловой поток измеряли по разности температур  $T_2 - T_1$ , фиксируемой двумя термопарами, расположенными вблизи нижнего конца стержня на расстоянии  $l$  друг от друга, так что  $Q_2 = S\lambda_m(T_2 - T_1)/l$ , где  $S$ ,  $\lambda_m$  и  $l$  – известные и не меняющиеся от опыта к опыту величины сечения стержня, его теплопроводности и расстояния между термопарами соответственно. Считая рассеяние тепла на боковой поверхности стержня ниже точки, в которой измеряется  $T_2$ , и на верхней плоскости полусферы малым, приравняем  $Q_1$  и  $Q_2$ . Отсюда  $\lambda_f = S\lambda_m(T_2 - T_1)/2\pi R \Delta T$ . Следует отметить, что зависимость результата измерения от свойств и геометрии зонда выражается в виде единого и неизменного множителя  $\beta = S\lambda_m/2\pi R l$ , так что  $\lambda_f = \beta(T_2 - T_1)/\Delta T$ . Кроме того, паразитный теплоотвод  $Q_3$  на участке между измерением градиента температуры и поверхностью контакта с исследуемой жидкостью не меняет вида зависимости, а только коэффициент  $\beta$ , так как  $Q_3 \sim \Delta T$ ,

\* Работа выполнена при поддержке Российского научного фонда (грант № 20-19-00602) и Министерства науки и высшего образования Российской Федерации в рамках проекта по соглашению № 075-15-2021-709, уникальный идентификатор проекта RF-2296.61321X0037 (проведение контрольных измерений).

Уважаемые читатели!

Доступ к полнотекстовой версии журнала  
**«Известия высших учебных заведений. Физика»**  
осуществляется на платформе  
Научной электронной библиотеки eLIBRARY.RU  
на платной основе:

<https://elibrary.ru/contents.asp?titleid=7725>