

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ РАПСОВОГО МАСЛА

Переход на экологически чистые и возобновляемые топлива является перспективной задачей всех развитых стран. Одним из таких перспективных топлив является смесь дизтоплива с метиловым эфиром рапсового масла (МЭРМ). Для того чтобы получить МЭРМ, необходимо нагреть смесь, состоящую на 90% из рапсового масла и 10% метилового спирта, до 80 ... 90°C, где в течение часа в присутствии щелочного катализатора проходит реакция этерификации, в результате которой на выходе получаем достаточно просто разделяющиеся МЭРМ и глицерин.

Чтобы рассчитывать процессы нагрева (и при любых других теплотехнических расчетах), необходимо знать отдельные теплофизические свойства (ТФС) вещества, среди которых важнейшим является теплопроводность. Целью нашего исследования является определение теплопроводности рапсового масла, поскольку такие сведения практически отсутствуют в технической литературе.

Известны множество методов экспериментального определения величины коэффициента теплопроводности  $\lambda$  [1], среди которых наибольшую точность обеспечивают методы стационарной теплопроводности. Среди них наиболее просто реализуется метод плоского слоя.

Практические измерения теплопроводности рапсового масла проведены нами с помощью измерителя теплопроводности ИТ-3 [2] производства ИТТФ АН Украины. Экспериментальная установка (рис. 1) содержала кроме измерителя III еще два термостата I и II, предназначенных для отвода тепла и поддержания постоянной температуры в системе термостатирования измерителя, регулируемый источник переменного тока V, содержащий электронный стабилизатор переменного тока и лабораторный автотрансформатор. Они обеспечивают питание электронагревателя и задание определенного теплового потока через исследуемый образец. Для поддержания свободных спаев термопар при температуре 0°C использовался сосуд Дьюара VI, а с помощью многопозиционного переключателя термопар VII выходы от термопар и датчика теплового потока присоединялись к цифровому милливольтметру VIII марки Щ68000.

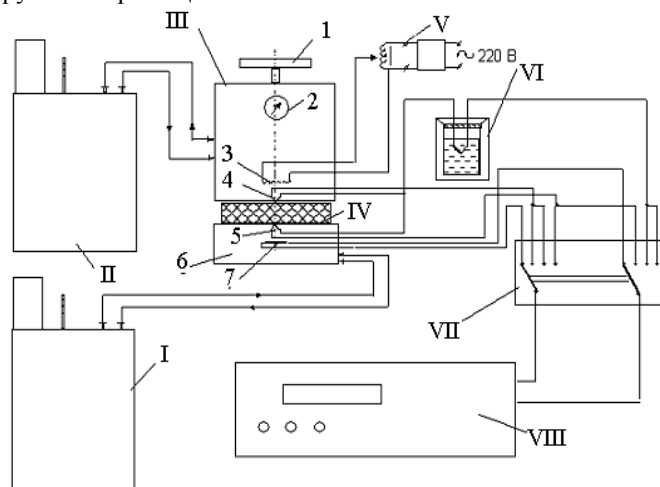


Рис. 1

Основным прибором экспериментальной установки является измеритель ИТ-3. Он включает в себя следующие элементы. Плоский электрический нагреватель 3 предназначен для нагрева верхней поверхности испытуемого образца IV. Нагреватель обеспечивает получение достаточно больших тепловых потоков через образец (до  $1 \cdot 10^4$  Вт/м<sup>2</sup>). Ленточные термопары 4 и 5 помещены в эластичные резиновые прокладки, чтобы исключить появление контактных термических сопротивлений.

\* Работа выполнена под руководством канд. техн. наук, проф. ТГТУ В.И. Ляшкова.

Датчик теплового потока 7 установлен в верхней части холодильника 6. Механизм перемещения 1 позволяет вращением верхнего фланца поднимать или опускать подвижную внутреннюю вставку с нагревателем, обеспечивая возможность сначала вставить образец с прокладками, а потом плотно прижать весь пакет к охладителю. Для увеличения прижатия на диск 1 накладывают дополнительный груз. Индикатор часового типа 2 позволяет определять возможное изменение толщины образца в результате его сжатия или теплового расширения.

На рисунке 2 показана измерительная зона прибора, содержащая специальную кювету для измерения теплопроводности жидкостей. В укрупненном масштабе там показано расположение электронагревателя 1, датчика теплового потока 5, резиновых прокладок 7.

Испытуемая жидкость помещается в зазор (порядка 1,5 мм) между медной кюветой и верхним диском, изготовленным или из оргстекла ( $\delta_{орг.с} = 0,0035$  м,  $\lambda_{орг.с} = 0,195$  Вт/(м·К), или из меди ( $\delta_{м.д} = 0,0024$  м,  $\lambda_{м} = 300$  Вт/(м·К). Зазор между кюветой и диском образуется благодаря

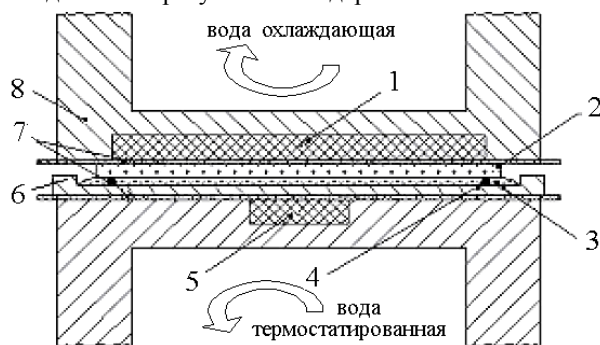


Рис. 2

четырем небольшим (длиной около 4 мм) цилиндрическим опорам, изготовленным из медицинской иглы для шприца. Резиновые прокладки 7 устанавливаются между нагревателем 1 и диском 2 и между кюветой 6 и датчиком теплового потока 5 так, что помещенные в них термодары измеряют температуры в центре наружных поверхностей верхнего диска и медной кюветы.

Теоретической основой названного метода является формула для плотности теплового потока, передаваемого при стационарной теплопроводности плоской стенкой при граничных условиях 1-го рода [3]:

$$q = \frac{t_{c1} - t_{c2}}{\frac{\delta_{орг.с}}{\lambda_{орг.с}} + \frac{\delta}{\lambda} + \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}}},$$

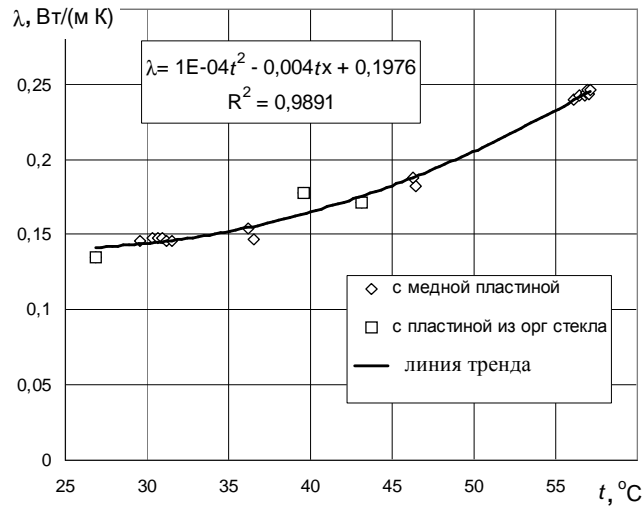
где  $q$  – плотность теплового потока, Вт/м<sup>2</sup>;  $t_{c1}$  и  $t_{c2}$  – постоянные температуры на горячей и холодной сторонах, К;  $\delta$  – толщина слоя жидкости, м;  $\lambda$  – коэффициент теплопроводности исследуемой жидкости, Вт/(м·К),  $\delta_{орг.с}$  – толщина диска 2 из оргстекла, м;  $\lambda_{орг.с}$  – теплопроводность оргстекла, Вт/(м·К);  $\delta_{м}$  и  $\lambda_{м}$  – толщина слоя и теплопроводность медной кюветы, м и Вт/(м·К), соответственно.

Из приведенной формулы получаем:

$$q = \frac{q\delta}{(t_{c1} - t_{c2}) - \frac{\delta_{орг.с}}{\lambda_{орг.с}} q - \frac{\delta_{м}}{\lambda_{м}} q}.$$

Анализ результатов расчетов показал, что термическими сопротивлениями медных деталей можно пренебрегать.

Из формулы видно, что значение  $\lambda$  можем получить как результат косвенных измерений, если опытным путем определить значения всех



**Рис. 3**

параметров, входящих в ее правую часть. При обработке опытных данных использовались величины экспериментально определенных коэффициентов  $K_t$  и  $K_d$ , с помощью которых термоэдс термопар и ЭДС датчика теплового потока переводятся в системные единицы [2].

Результаты измерения коэффициента теплопроводности  $\lambda$  с использованием медной пластины и пластины из органического стекла в диапазоне температур от 25 до 60°C показаны на рис. 3. Там же приводится рассчитанная по методу наименьших квадратов обобщенная зависимость величины  $\lambda$  от температуры  $t$ .

Как видно из рисунка, теплопроводность рапсового масла близка к теплопроводности других растительных масел (например, у подсолнечного масла при 20°C  $\lambda = 0,16$  Вт/(м·К)).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Шашков, А.Г. Методы определения теплопроводности и температуропроводности / А.Г. Шашков. – М.: Энергия, 1973. – 238 с.
2. Прибор для измерения теплопроводности твердых тел ИТ-3: паспорт ИТ-300.00.000ПС / Академия наук УССР, ин-т технической теплофизики. – Киев, 1980. – 23 с.
3. Ляшков, В.И. Теоретические основы теплотехники / В.И. Ляшков. – М.: Высш. шк., 2008. – 318 с.