

УДК 536.632

Р. Р. Габитов, Р. Р. Накипов, Ф. Н. Шамсетдинов,
Р. А. Усманов, И. Х. Хайруллин, З. И. Зарипов

ПЕРЕНОСНЫЕ СВОЙСТВА РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ

Ключевые слова: коэффициент теплопроводности, рапсовое и пальмовое масло, метод нагретой нити, кинематическая вязкость, вискозиметр.

Приведены результаты экспериментального исследования теплопроводности и кинематической вязкости рапсового и пальмового масел.

Keywords: Thermal conductivity, rapeseed and palm oil, hot-wire method, kinematic viscosity, viscometer.

An experimental study of thermal conductivity and kinematic viscosity of rapeseed and palm oil.

Введение

Для моделирования и оптимизации технологических процессов производства биодизельного топлива в ходе реакции трансэтерификации, проводимой в суб- и сверхкритических условиях [1], необходимы данные о тепло-физических характеристиках компонентов, участвующих в данной реакции - растительных масел и спиртов. Одними из важнейших тепло-физических характеристик веществ являются коэффициент теплопроводности [5] и кинематическая вязкость. В данной работе представлены экспериментальные данные по исследованию коэффициента теплопроводности и кинематической вязкости рапсового и пальмового масел.

Материалы и методы исследования

В качестве исследуемых веществ при измерении теплопроводности используются: рапсовое ($n_D^{40}=1.4775$, $\rho_4^{25}=921.71$ кг/м³, $M=932$ г/моль) и пищевое пальмовое масло ($n_D^{40}=1.4657$, $\rho_4^{15}=923$ кг/м³, $M=810-860$ г/моль), а при измерении кинематической вязкости рапсовое ($n_D^{20}=1.4719$; $\rho_4^{25}=921.71$ кг/м³; $M=932$ г/моль) и техническое пальмовое масло ($n_D^{40}=1.4576$, $\rho_4^{40}=897.32$ кг/м³, $M=810-860$ г/моль).

Определение плотности, исследуемых веществ, проводилось пикнометрическим способом при атмосферном давлении. Для исследований применялись стандартные стеклянные пикнометры (ГОСТ 7465-67) объемом 5мл и 10 мл. Взвешивание осуществлялось на аналитических весах модели ВЛА-200 и электронных весах «Mettler PM 600».

Исследование теплопроводности было проведено на экспериментальной установке (см. рис.1), созданной на основе метода нагретой нити [2]. Абсолютный вариант метода нагретой нити из-за простоты конструкции и детальной разработки теории занимает ведущее место в исследованиях теплопроводностей жидкостей и газов. Кроме этого, применение малых зазоров и небольших перепадов температур позволяет не только исключить конвекцию, но и свести к минимуму влияние

лучистого теплообмена на результаты измерений. Экспериментальное определение коэффициента теплопроводности слоя исследуемого вещества основано на измерении теплового потока и градиента температур в исследуемом веществе.

Конструкция основных узлов и принцип работы экспериментальной установки, а так же методика измерения подробно изложены в работе [3].

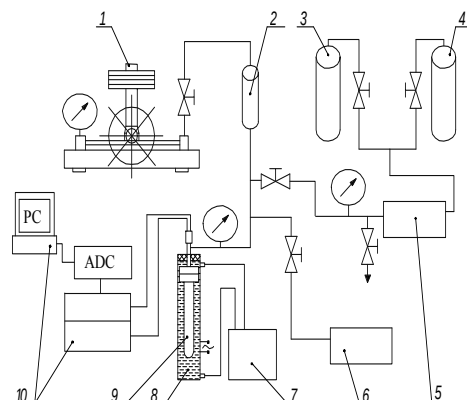


Рис. 1 - Экспериментальная установка: 1 - грузопоршневой манометр, 2 - разделительный сосуд, 3 - сосуд с исследуемым веществом, 4 - сосуд с азотом, 5 - насос высокого давления, 6 - термостат, 7 - термостат, 8 - термостатирующий блок, 9 - автоклав, 10 - система сбора первичной информации

Расчетная формула метода имеет вид:

$$\lambda = \frac{Q \ln d_2 / d_1}{2\pi l \Delta t_{ж}} \quad (1)$$

где Q - количество тепла, выделенное на измерительном участке нагревателя, Вт; d_1 - диаметр проволоки внутреннего термометра, мм; d_2 - внутренний диаметр капилляра, мм; l - длина измерительного участка, мм; $\Delta t_{ж}$ - перепад температуры в слое жидкости, °С.

Для проверки работоспособности экспериментальной установки были проведены контрольные измерения по определению коэффициента теплопроводности воды

($n_D^{20}=1,33307$; $\rho_4^{20}= 998,2\text{кг/м}^3$) и толуола марки ЧДА, для которых имеются надежные экспериментальные данные в литературе [4,6].

Результаты контрольных измерений показали отклонения от литературных данных в пределах суммарных ошибок измерения. Доверительные границы общей погрешности измерений ($P=0,95$), в соответствии с рекомендациями [7], для теплопроводности не превысили $\pm 2\%$.

Кинематическая вязкость технического пальмового и рапсового масел определялась по методике, согласно ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94), с помощью капиллярных стеклянных вискозиметров ВПЖ-1 и ВПЖ-2 с диаметрами капилляров 0,73; 1,16 и 1,31 мм. Измерение вязкости при помощи капиллярного вискозиметра основано на определении времени истечения через капилляр определенного объема жидкости из измерительного резервуара. Кинематическая вязкость жидкости γ ($\text{мм}^2/\text{с}$) вычисляется по среднему времени истечения жидкости (из нескольких измерений) по формуле:

$$\gamma = (g/9,807)\tau K, \quad (2)$$

где K - постоянная вискозиметра, $\text{мм}^2/\text{с}^2$; τ - время истечения жидкости, с; g - ускорение свободного падения в месте измерений в $\text{м}/\text{с}^2$.

Результаты и их обсуждение

На экспериментальной установке были исследованы коэффициенты теплопроводности рапсового масла в интервале температур от 273 К до 373 К и давлении от 0,098 до 19,6 МПа и пальмового масла в том же интервале температур при атмосферном давлении. Результаты измерений представлены на рис. 2-4.

В общем случае, у большинства жидкостей теплопроводность с ростом температуры снижается, исключение составляют вода и глицерин. При повышении давления теплопроводность жидкостей повышается.

Анализ результатов экспериментальных исследований показывает, что данная закономерность сохраняется и в нашем случае - теплопроводность рапсового и пальмового масел с ростом температуры уменьшается, а с увеличением давления увеличивается. Это связано с тем, что с увеличением температуры расстояние между молекулами растительных масел растет и переход тепла от одного изотермического слоя к другому ухудшается.

Как видно из графиков (см. рис.1-3), зависимость теплопроводности от температуры и давления имеет практически линейный характер. В исследуемом интервале температур и давлений теплопроводность рапсового масла снижается, примерно, на 7 – 8 %, а пальмового на 4,5% (атмосферное давление). Как видно из рис. 4, в исследуемом интервале температур и при атмосферном давлении, теплопроводность пальмового масла выше, чем у рапсового масла и эта разница возрастает с ростом температуры.

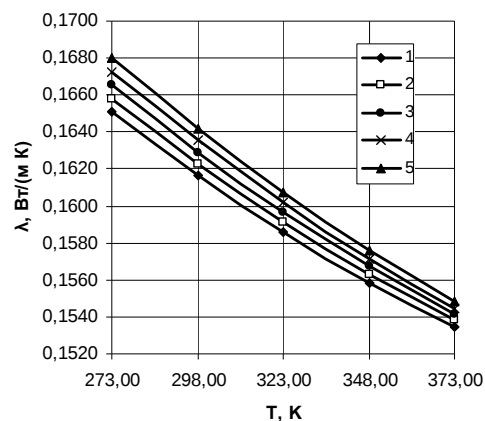


Рис. 2 - Зависимость теплопроводности λ рапсового масла от температуры T при давлении: 1- 0,098 МПа; 2- 4,9 МПа; 3- 9,8 МПа; 4- 14,7 МПа; 5- 19,6 МПа

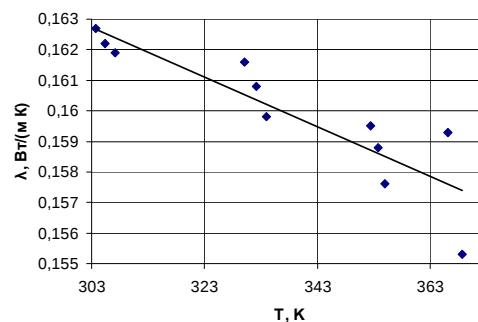


Рис. 3 - Зависимость теплопроводности λ пальмового масла от температуры T при давлении 0,1 МПа

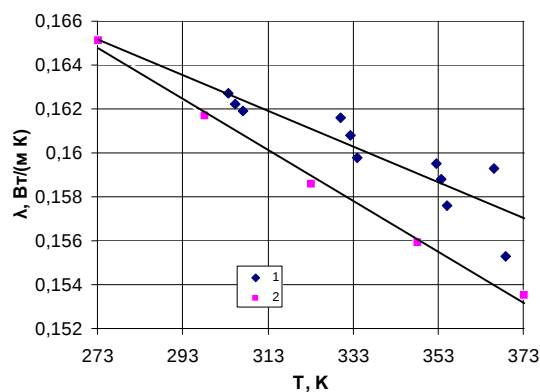


Рис. 4 - Зависимость теплопроводности λ от температуры T при давлении 0,1 МПа: 1- пальмовое масло; 2- рапсовое масло

Полученные данные по кинематической вязкости технического пальмового масла и рапсового масла в интервале температур от 303 К до 363 К и атмосферном давлении представлены в виде графиков (см. рис. 5).

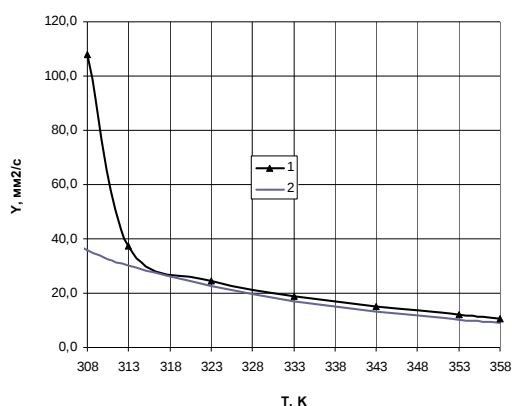


Рис. 5 – Зависимость кинематической вязкости γ от температуры T при давлении 0,1 МПа: 1-пальмовое масло; 2-рапсовое масло

Как известно, с повышением температуры вязкость большинства жидкостей снижается и это объясняется тем, что кинетическая энергия каждой молекулы возрастает быстрее, чем потенциальная энергия взаимодействия между ними. Данная закономерность характерна и для пальмового и рапсового масел. Как видно из графика, в исследуемом интервале температур, скорость снижения вязкости с ростом температуры падает, так у пальмового масла при повышении температуры с 308 до 313 К вязкость снижается в 2,94 раза; а с 353 до 358 К только 1,11 раза. Данная закономерность характерна и для рапсового масла, но в меньшей степени.

Закключение

На основе экспериментальных исследований установлена закономерность изменения теплопроводности и кинематической вязкости

пальмового и рапсового масел от температуры при различных давлениях.

Работа выполнена в "Совместном научно-образовательном центре подготовки специалистов в области теории критических явлений и сверхкритических флюидных технологий" ФГБОУ ВПО "Казанский национальный исследовательский технологический университет" при финансовой поддержке: Мин. Обр. и Науки РФ, грант № гос. регистр. 012011560471, тема № 3.3374, 2012 (ПНИЛ Г 03-22-12).

Литература

1. Р.А.Усманов, Ш.А. Бикташев, Ф.М. Гумеров, Ф.Р. Габитов, *Вестник Казан. технолог. ун-та*, **13**, 2, 221-224 (2010);
2. А.Х. Садыков. Автореф. дис. канд. техн. наук, Казанский гос. технолог. ун-т, Казань, 1978. 26с;
3. Ф.Н. Шамсетдинов, З.И. Зарипов, А.Х. Садыков, Г.Х. Мухаметзянов, *Вестник Казан. технолог. ун-та*, **14**, 230-234 (2011);
4. З.И. Зарипов, С.А.Бурцев, А.В. Гаврилов, С.А. Булаев, Г.Х. Мухаметзянов, *Вестник Казан. технолог. ун-та*, **1-2**, 208-212 (2002);
5. Л.П. Филиппов, *Исследование теплопроводности жидкостей*. М.: Изд-во Моск. ун-та, 1970. 239с;
6. Н.Б. Варгафтик, Л.П. Филиппов, А.А. Тарзиманов, Е.Е. Тоцкий. *Теплопроводность газов и жидкостей*. М.: Изд-во стандартов, 1978. 472с;
7. ГОСТ 8.310-90. ГСИ. Государственная служба стандартных справочных данных. Основные положения. М.: Изд-во стандартов, 1990. 13с.

© Р. Р. Габитов – асп. каф. теоретических основ теплотехники КНИТУ, radif1954@mail.ru; Р. Р. Накипов – студ. КНИТУ; Ф. Н. Шамсетдинов - канд. техн. наук, асс. каф. теоретических основ теплотехники КНИТУ, f_shamsetdinov@mail.ru; Р. А. Усманов – канд. техн. наук, доц. той же кафедры, usmanoff@gmail.com; И. Х. Хайруллин – канд. техн. наук, доц. той же кафедры; З. И. Зарипов – д-р техн. наук, проф. той же кафедры, zufar_zaripov@mail.ru.