

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 ( $n_{40D}=1.4775$ ,  $\rho_{415}=921.71$  кг/м<sup>3</sup>,  $M=932$  г/моль) и пищевое пальмовое масло ( $n_{40D}=1.4657$ ,  $\rho_{415}=923$  кг/м<sup>3</sup>,  $M=810-860$  г/моль), а при измерении кинематической вязкости рапсовое ( $n_{20D}=1.4719$ ;  $\rho_{415}=921.71$  кг/м<sup>3</sup>;  $M=932$  г/моль) и техническое пальмовое масло ( $n_{40D}=1.4576$ ,  $\rho_{440}=897,32$  кг/м<sup>3</sup>,  $M=810-860$  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: (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, 0С. Для проверки работоспособности экспериментальной установки были проведены контрольные измерения по определению коэффициента теплопроводности воды ( $n_{40D}=1,33307$ ;  $\rho_{420}=\rho_{420}$ )

998,2кг/м<sup>3</sup>) 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  $\gamma$  (мм<sup>2</sup>/с) вычисляется по среднему времени истечения жидкости (из нескольких измерений) по формуле:  $\gamma = K \cdot \tau^2$ , (2) где  $K$  - постоянная вискозиметра, мм<sup>2</sup>/с<sup>2</sup>;  $\tau$  - время истечения жидкости, с;  $g$  - ускорение свободного падения в месте измерений в м/с<sup>2</sup>. 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  $\lambda$  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  $\lambda$  пальмового масла от температуры  $T$  при давлении 0,1 МПа Рис. 4 - Зависимость теплопроводности  $\lambda$  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  $\nu$  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. Заключение На основе экспериментальных исследований установлена закономерность изменения теплопроводности и кинематической вязкости пальмового и рапсового масел от температуры при различных давлениях.