

МОДЕРНИЗАЦИЯ РЕО-ВИСКОЗИМЕТРА ГЕПЛЕРА

Д.О. Мохов, В.И. Ляшков

ГОУ ВПО «Тамбовский государственный технический университет», г. Тамбов

Рецензент С.В. Пономарев

Ключевые слова и фразы: автоматизация измерений; вискозиметр; динамическая вязкость; световое реле.

Аннотация: Описана несложная модернизация вискозиметра, позволившая улучшить его метрологические характеристики и автоматизировать обработку исходных опытных данных. Приведены результаты серии опытов, выполненных на модернизированной установке.

Предыдущее десятилетие, да и сегодняшние дни, для вузовского образования и науки отличаются тем, что существенно сократилось обновление учебных и научных лабораторий современными измерительными приборами и установками. В то же время на кафедрах имеются хорошо себя зарекомендовавшие, но морально устаревшие приборы и компьютеры, физически вполне пригодные для эксплуатации. Поэтому усилия, направленные на то чтобы дать вторую жизнь таким приборам и вычислительной технике, достойны внимания.

Потребность в дальнейших экспериментальных исследованиях вязкости и других теплофизических характеристик рапсового масла и биодизеля (смесь продуктов предварительной переработки рапсового масла и дизельного топлива) диктуется все более широким практическим применением этого вида топлива. Без знания теплофизических характеристик невозможны никакие гидравлические и тепловые расчеты рабочих процессов и соответствующего технологического оборудования.

На рис. 1 приведена схема вискозиметра, изготовленного в ГДР в 1987 г., дающая подробное представление об устройстве и принципе действия прибора. Как и в других приборах такого типа, величина вязкости определяется здесь скоростью движения измерительного шарика в калиброванной пробирке, заполненной исследуемой средой. Движение это происходит под действием определенного усилия, создаваемого весом грузов, подвешиваемых на рычаг прибора. Перемещение шарика регистрируется с помощью индикатора часового типа, а время движения – секундомером. Чтобы определить динамическую вязкость, нужно точно измерить время, за которое шарик пройдет путь в 30 мм.

При модернизации вискозиметра ставилась задача исключить субъективный фактор (ручное измерение продолжительности опускания шарика секундомером), заметно влияющий на воспроизводимость результатов, а также автоматизировать сбор и обработку исходной измерительной информации за счет применения для этих целей ПК и АЦП.

Для этого в алюминиевой шкале индикатора на штрихах, соответствующих делениям 0, 20 и 30 мм были просверлены отверстия диаметром около 1 мм. В передней крышке индикатора, изготовленной из органического стекла, напротив отверстий были сделаны соответствующие сверления, и в них на клей поставлены светодиоды АЛ307Б. За отверстиями закреплены фотоспротивления СФ2-1 (рис. 2). Когда стрелка индикатора проходит между источником освещения и отверстием, своим расширенным концом она перекрывает отверстие. При этом освещенность фоторезистора заметно уменьшается, в результате чего значительно изменяется его электрическое сопротивление, а значит и ток в цепи, содержащей дополнительное сопротивление. При уменьшении тока уменьшается и падение напряжения на этом сопротивлении. Электрическая схема своеобразного фотореле из светодиодов и фоторезисторов, позволяющего отслеживать моменты времени при прохождении стрелки мимо отверстий в шкале, приведена на рис. 3. Для питания схемы использовалось постоянное напряжение 5 В от источника питания ПК. Дополнительные сопротивления $R1-R4$ подобраны так, что при освещении фоторезистора падение

напряжения – $\Delta U_{\text{откр}} = 4,5 \text{ В}$, а при перекрытии отверстия – $\Delta U_{\text{закр}} = 0,9 \text{ В}$.

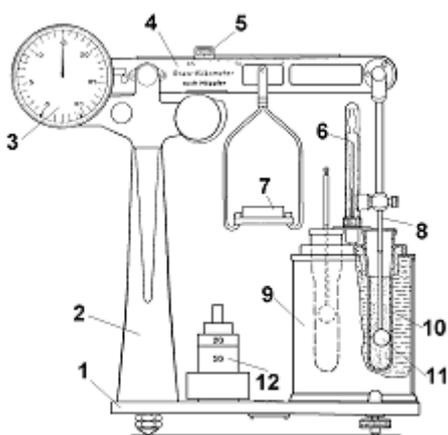


Рис.

1. Устройство рео-вискозиметра Гепплера:

1 – основание; 2 – опора с призмой; 3 – индикатор перемещения шарика; 4 – коромысло; 5 – передвижная гиря для компенсации подъемной силы, действующей на шарик; 6 – термометр; 7 – тарелка для грузов; 8 – тяга; 9 – сосуд термостатирующий; 10 – калиброванная мерная пробирка; 11 – шарик стеклянный; 12 – набор калиброванных грузов

температурой или с другой жидкостью.

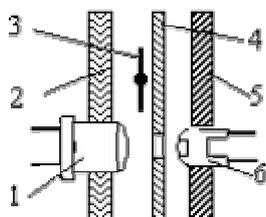


Рис. 2. Устройство светового реле:

1 – светодиод; 2 – передняя прозрачная крышка; 3 – стрелка индикатора; 4 – шкала индикатора; 5 – корпус индикатора; 6 – фоторезистор

Падения напряжений с сопротивлений $R2-R4$ подаются на входы четырехканального АЦП–ЦАП типа LabCard 3, изготовленного в 1990-е годы в СССР и работающего с частотой опроса 50 с^{-1} . При запуске специальной программы для ПК, написанной нами на Паскале, падение напряжения ΔU постоянно считывается с АЦП, и как только величина его уменьшается до 2 В, в память ПК записывается системное время. Когда стрелка индикатора перекроет следующее отверстие, в другую ячейку памяти записывается системное время этого момента. Аналогично записывается системное время и при прохождении стрелки прибора мимо третьего отверстия. Далее каждое зафиксированное системное время пересчитывается в секунды (с точностью до миллисекунд), находится разность результатов, и по ней рассчитывается величина динамической вязкости с учетом констант прибора, определенных его калибровкой на заводе-изготовителе и проверенных нами экспериментально на трансформаторном масле. Результаты измерения выводятся на экран и записываются в специальный файл, после чего программа готова к проведению следующего параллельного опыта или нового опыта с новой

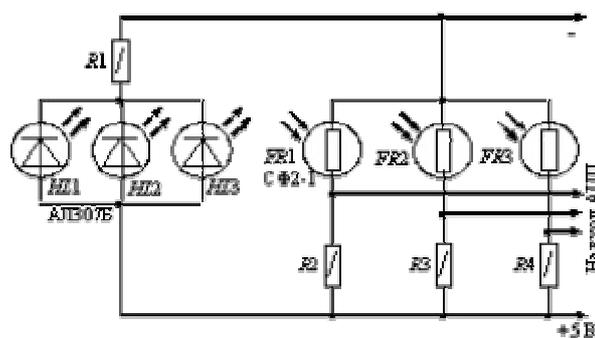


Рис. 3. Электрическая схема фотореле

Общий вид модернизированной установки, включающей ультратермостат, рео-вискозиметр и ПК на базе процессора i486, приведен на рис. 4.

Для оценки метрологических характеристик на установке было проведено 4 серии опытов (с грузами, обеспечивающими разные сдвиговые напряжения) по измерению продолжительности опускания шарика и определению коэффициента динамической вязкости рапсового масла при постоянной температуре $t = 25,6 \text{ }^\circ\text{C}$. Каждая серия состояла из десяти параллельных опытов. Дисперсия автоматического определения продолжительности движения шарика в колбе в проведенных сериях лежала в пре-



Рис. 4. Общий вид установки с модернизированным рео-вискозиметром

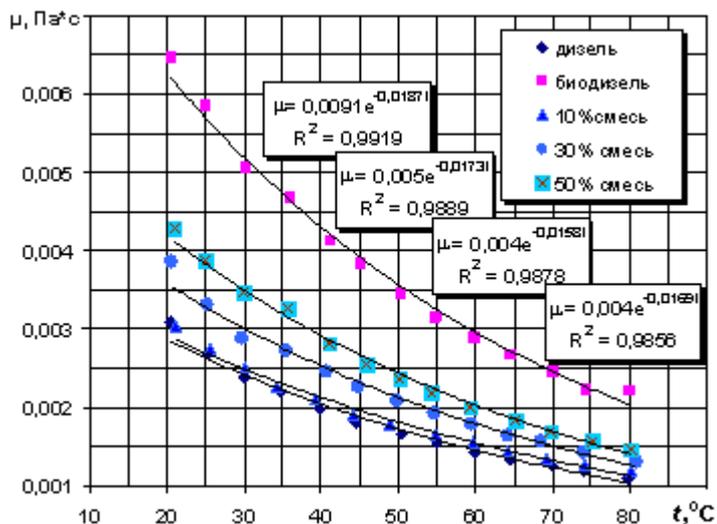


Рис. 5. Зависимость вязкостей дизельного топлива, рапсового масла и их смесей от температуры

делах от 0,001277 до 0,004606 с². При этом значение критерия Фишера, определенное как отношение наибольшей и наименьшей дисперсий, равняется 3,607. Табличное значение этого критерия при уровне значимости 0,05 равно 3,862, что свидетельствует об однородности полученных дисперсий. Среднеквадратичная погрешность измерений времени движения шарика составляла ±0,066 с или ± 0,212 %.

С помощью этой установки были проведены экспериментальные исследования динамической вязкости рапсового масла и отдельных его фракций, получаемых в результате его длительного отстаивания, а также смесей легкой фракции с дизельным топливом. На рис. 5 приведены результаты одного из таких исследований. Исходные жидкости и их смеси были исследованы в интервале температур от 20 до 80 °С. В результате нами была получена достаточно простая обобщенная зависимость, которая позволяет с погрешностью, не превышающей ±3,8 %, рассчитывать величину динамической вязкости:

$$\mu = (0,00006 C + 0,0033) \exp \left[- (0,0134 C^{0,0736}) t \right],$$

где C – массовая концентрация дизтоплива в смеси; t – температура.

Список литературы

1. Рео-вискометр по Гепплеру. Способ употребления. VEB MLW Prüfgerate-Werk Medingen, Sitz Freital, 1987. – 18 с.

Modernization of Hepler Rheometer

D.O. Mokhov, V.I. Lyashkov

Tambov State Technical University, Tambov

Key words and phrases: automation of measurements; viscometer; dynamic viscosity; the light relay.

Abstract: The paper describes the simple modernization of a viscometer which enables to improve its metrological performance and automate the processing of experimental data. The results of a series of experiments made on the modernized installation are given.

© Д.О. Мохов, В.И. Ляшков, 2009