

УДК 621.892.84

МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ВЯЗКОСТИ НЕФТЕПРОДУКТОВ

Королев Александр Егорович

к. т. н., доцент кафедры «Технические системы в АПК»
Государственный аграрный университет Северного Зауралья
Россия, г. Тюмень
E-mail: alexkorolev72@mail.ru

Коротков Евгений Денисович

студент, профиль «Нефтегазовое дело»
Национальный исследовательский Томский политехнический университет
Россия, г. Томск
E-mail: korotkov_e2003@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается соотношение кинематической и условной вязкости моторных масел, а также возможность равноценного использования этих показателей в решении производственных задач. Рациональное применение масел оказывает существенное влияние на надёжность, экономичность и экологичность двигателей. Изменение качественных характеристик масел в процессе работы свидетельствует соответственно о работоспособности их систем. Вязкость является одним из базовых показателей сорта масла. В зависимости от способа определения различают условную, кинематическую и динамическую вязкость. Существующий метод измерения условной вязкости не позволяет индефицировать назначение и состояние моторного масла. В результате лабораторных экспериментов получены вязкостно-температурные характеристики масел тракторных дизелей. Установлена функциональная зависимость между условной и кинематической вязкостью. Полученные результаты могут быть использованы в научных и практических целях.

Ключевые слова: моторные масла, лабораторные эксперименты, вязкость, температура, эмпирические зависимости.

METHODS OF DETERMINING VISCOSITY OF PETROLEUM PRODUCTS

Alexander E. Korolev

Ph.D, associate professor
the department «Technical systems in agrarian and industrial complex»
Northern Trans-Ural State Agricultural University
Russia, Tyumen

Evgeniy D. Korotkov

Student, profile "Oil and gas business"

National Research Tomsk Polytechnic University
Russia, Tomsk

ABSTRACT

The article discusses the ratio of kinematic and conditional viscosity of engine oils, as well as the possibility of equivalent use of these indicators in solving production problems. The rational use of oils has a significant impact on the reliability, economy and environmental friendliness of engines. The change in the quality characteristics of oils in the process of work indicates the working capacity of their systems accordingly. Viscosity is one of the basic indicators of the sort oil. Depending on the way of determination, conditional, kinematic and dynamic viscosity is distinguished. The existing method of measuring the conditional viscosity does not allow identifying the purpose and state of the engine oil. As a result of laboratory experiments, viscous-temperature characteristics oils of tractor diesels were obtained. Functional dependence between conditional and kinematic viscosity is established. The results obtained can be used in scientific and practical purposes.

Keywords: motor oils, laboratory experiments, viscosity, temperature, empirical-formula dependences.

Введение

Моторное масло является важнейшим фактором обеспечения работоспособности энергетических установок, его качество оценивается комплексом физико-химических и эксплуатационных показателей [1]. Изменение этих показателей в процессе работы характеризует техническое состояние отдельных систем двигателей [2]. Выход параметров масла за установленные пределы создаёт вероятность форсированного изнашивания сопряжений [3]. Вязкость относится к одному из базовых свойств моторного масла, а по физическому смыслу вязкость отражает сопротивление перемещению слоёв жидкости под воздействием внешних сил вследствие когезионных межмолекулярных связей [4]. В зависимости от метода определения различают кинематическую, динамическую и условную вязкость. Основываясь на реологических положениях, используются следующие вязкостно-температурные зависимости: Вальтера - $\lg \lg(v + 0,8) = A - B \cdot \lg T$ и Рамайя - $\eta = e^{(C + \frac{D}{T})^2}$, где A, B, C, D - постоянные коэффициенты для данного сорта масла. В международной практике используются различные единицы измерения условной вязкости: секунды Редвуда, Сейболта-Универсал и Сейболта-Фурол, градусы Энглера и Барбье. При этом применяются специальные формулы и справочные таблицы перевода условной вязкости в кинематическую. Согласно отечественного стандарта условная вязкость оценивается также секундами истечения определённого объёма жидкости при фиксированной температуре. Однако нормативов для конкретных сортов масел не существует, что не даёт возможность использовать этот показатель на практике. Поэтому была поставлена задача изучить закономерности изменения параметров и установить взаимосвязь между ними.

Материалы и методы исследования

Лабораторные эксперименты проводились на летних и зимних сортах моторных масел. Контролируемый параметр определялся в соответствии с ГОСТ 33-2000 «Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической

вязкости и расчет динамической вязкости» и ГОСТ 6258-85 «Нефтепродукты. Метод определения условной вязкости». Обработка исходной информации выполнялась регрессионным и корреляционным методами.

Результаты исследования

На основе обработки опытных данных построены вязкостно-температурные характеристики масел (рис. 1 и 2).

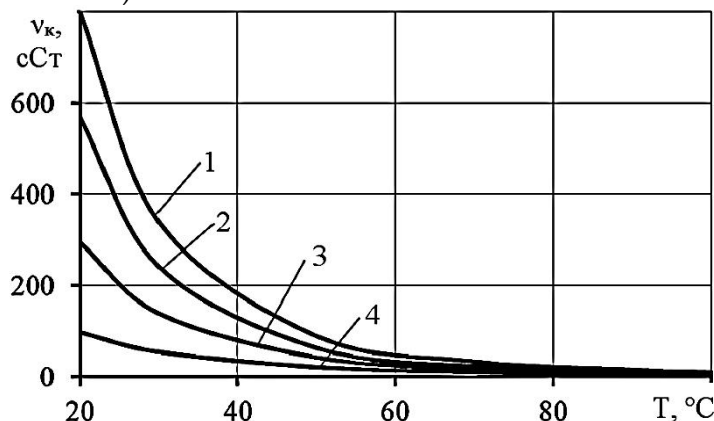


Рисунок 1 - Изменение кинематической вязкости масел SAE-40 (1), SAE-30 (2), SAE-20W (3) и SAE-10W (4) от температуры

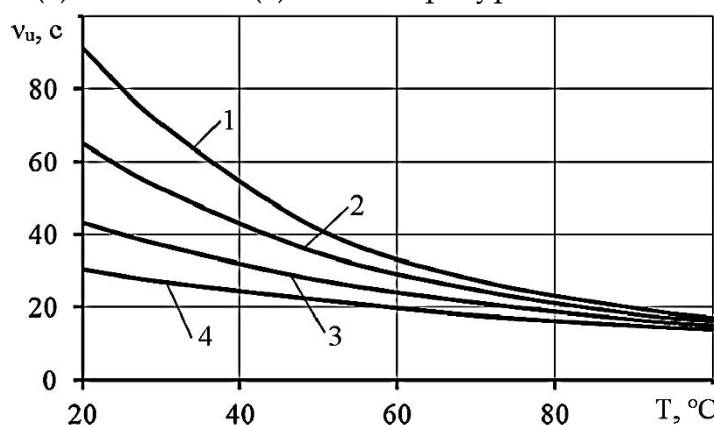


Рисунок 2 - Изменение условной вязкости масел SAE-40 (1), SAE-30 (2), SAE-20W (3) и SAE-10W (4) от температуры

Скорость изменения вязкости зависит от химического состава и, соответственно, от назначения масла. Анализ показал, что при низких температурах по вязкости масла отличаются на 40...50%, а при высоких – на 10...20%. Температурный коэффициент вязкости в диапазоне 20...100°C показан на рисунке 3.

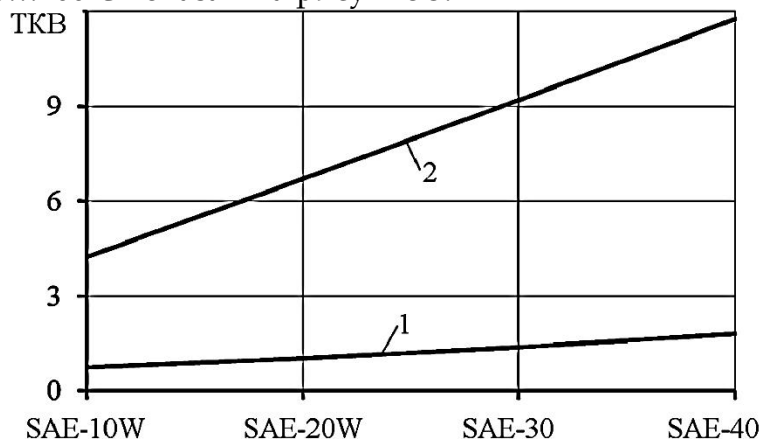


Рисунок 3 - Температурный коэффициент условной (1) и кинематической (2) вязкости масел

Масла должны обеспечивать пуск двигателя при низких температурах, поэтому зимние сорта имеют относительно пологую характеристику. При предельно высоких температурах вязкость у всех масел практически одинакова. Как следует из представленных данных изменение показателей вязкости по температуре не пропорциональное, в этом состоит сложность математического выражения их взаимосвязи. Отличие вязкостно-температурных характеристик объясняется конструктивными разновидностями вискозиметров и, как следствие, изменением физического процесса истечения масел во всём диапазоне измерения.

Установлено, что взаимосвязь между изучаемыми параметрами достаточно точно аппроксимируется функцией следующего вида: $\nu_k = 1105 \cdot e^{-\frac{81,5}{\nu_u}}$, коэффициент парной корреляции составил $r = 0,97$, критерий Фишера $F_p = 16,7 > F_T = 3,1$ и относительная ошибка 3,6%. Графическая интерпретация этой закономерности показана на рисунке 4.

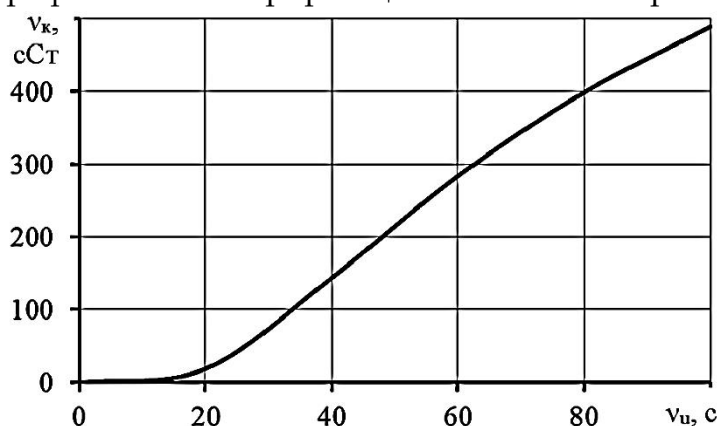


Рисунок 4 - Соотношение между кинематической и условной вязкостью моторных масел

Ранее проведёнными исследованиями [5] оценивалось состояние масел при эксплуатации тракторов по 4 показателям: вязкость, щелочное число, температура вспышки и содержание механических примесей. Выявлено, что годность масла к использованию в наибольшей мере определяется вязкостью. Весомость этого параметра в обобщённой оценке составляет 0,36, а остальных - от 0,16 до 0,27. Анализ показал, что у 68% двигателей масло не соответствует техническим требованиям по вязкости. Таким образом, этот показатель является одним из основных диагностических признаков текущего качества моторных масел. Используя нормы изменения рабочей вязкости масел (-20% и +30%) и полученную зависимость устанавливаем браковочные значения этого параметра (табл. 1).

Таблица 1 - Допуск на применение моторных масел по вязкости

Показатель вязкости	Величина вязкости для масел			
	SAE-10W	SAE-20W	SAE-30	SAE-40
Кинематическая вязкость, сСт				
норма	4,1	5,6	9,3	12,6
верхний предел	5,3	7,3	12,1	16,4
нижний предел	3,3	4,5	7,4	10,1
Условная вязкость, с				
норма	13,2	14,0	15,6	17,1
верхний предел	17,2	18,2	20,3	22,2
нижний предел	10,6	11,2	12,5	13,7

Эти значения могут равноценно применяться в производственных условиях для автотракторной техники.

Заключение

Перевод условной вязкости в кинематическую и наоборот рекомендуется осуществлять в диапазоне температур, установленных соответствующими стандартами. Для практического использования результатов исследования может быть построена справочная таблица и линейная номограмма на основе математической функции.

Список литературы:

1. Смирнов К. Л, Обоснование выбора моторного масла для двигателя внутреннего сгорания автомобиля / К. Л. Смирнов, А.С. Семькина, Н.А. Загородний // Современные материалы, техника и технологии. - 2019. - №1. - С. 115-122.
2. Королев А.Е. Диагностическая информативность моторного масла / А.Е. Королев // Аллея науки. - 2018. - Т.1. - №9. - С. 760-767.
3. Рыжков Н. Р. Исследование моторных масел и их влияние на работу автомобильного транспорта / Н. Р. Рыжков, С. А. Максимов, Г.В. Бойко // Молодой учёный. - 2017. - № 14. - С. 98-101.
4. Гуреев А.А. Химотология / А.А. Гуреев, И.Г. Фукс, В.Л. Лашхи. - М.: Химия, 1986. - 368 с.
5. Королев А.Е. Обобщенная оценка годности моторного масла / А.Е. Королев // Заметки ученого. - 2016. - №3. - С. 114-118.

References:

1. Smirnov K. L. Justification of the choice of engine oil for an internal combustion engine of a car / K.L. Smirnov, A.S. Semykina, N.A. Zagorodny // Modern materials, equipment and technologies. - 2019. - №1. - S. 115-122.
2. Korolev A.E. Diagnostic information content of motor oil / A.E. Korolev // Alley of Science. - 2018. - V.1. - №9. - S. 760-767.
3. Ryzhkov N.R. Investigation of motor oils and their influence on the work of road transport / N.R. Ryzhkov, S.A. Maksimov, G.V. Boyko // Young scientist. - 2017. - №14. - S. 98-101.
4. Gureev A.A. Chemotology / A.A. Gureev, I.G. Fuchs, V.L. Lashkhi. - M.: Chemistry, 1986. - 368 s.
5. Korolev A.E. Generalized assessment of the suitability of motor oil / A.E. Korolev // Notes of a scientist. - 2016. - №3. - S. 114-118.