



*Л.М. Вороний, Н.В. Курилова,
М.А. Назарова, О.Л. Белков
Вологодский государственный университет*

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКОГО СОСТАВА ОТРАБОТАННЫХ МОТОРНЫХ МАСЕЛ НА СПОСОБ ИХ УТИЛИЗАЦИИ

Представлены результаты определения качества моторного масла по фракционному составу и установлено влияние химического состава масла на его эксплуатационные характеристики. Для анализа использовали образцы отработанного и свежего масел марки 10W40 производителя «Лукойл». Установлено, что при эксплуатации масел изменяется фракционный состав и наблюдается уменьшение содержания низкокипящих фракций. По изменению фракционного состава рекомендуется выбирать способ рециклинга отработанных масел.

Масло, фракционный состав, рециклинг, вязкость, щелочное число, йодное число, диспергирующие свойства, температура вспышки.

Эксплуатационные характеристики моторных масел зависят от многих факторов, включая способы их получения, условия эксплуатации. В зависимости от способов получения и от химического состава выделяют четыре вида масел: минеральные, органические, синтетические и полусинтетические [1]. На рынке Вологодской области чаще используют синтетические и полусинтетические моторные масла, которые получают в результате каталитического крекинга нефтепродуктов. Продуктами крекинга являются фракции предельных ароматических и непредельных углеводородов. Алканы и ароматические углеводороды не склонны к реакциям окисления в условиях эксплуатации транспорта. Напротив, алкены легко окисляются с образованием нагаров на поверхности металлов, что вызывает преждевременное старение и коррозию. За счет окисления также изменяется химический состав масел и эксплуатационные характеристики: вязкость, щелочное и йодное числа, температура вспышки, диспергирующие свойства, фракционный состав, содержание влаги и зольных примесей [2].

Для определения срока и условий эксплуатации моторных масел, для выбора способов их переработки и утилизации определяют качество. Одним из важнейших показателей качества масел, который отсутствует в ГОСТе, является фракционный состав. Именно по изменению относительного содержания фракций алканов, аренов и алкенов можно определить качество масел и сделать вывод о возможности его дальнейшего использования или способов рециклинга [3–7].

В связи с этим была поставлена цель – определить качество моторного масла по фракционному составу и установить влияние химического состава масла на его эксплуатационные характеристики. Для достижения поставленной цели решаются следующие задачи:

1) определить основные эксплуатационные характеристики моторных масел и сравнить их с показате-

лями ГОСТа: кинематическую вязкость, индекс вязкости, наличие механических примесей и воды, щелочное число, температуру вспышки, моющие диспергирующие свойства;

2) методом фракционной перегонки установить и сравнить изменение фракционного состава свежих масел и масел, бывших в эксплуатации;

3) установить зависимость фракционного состава масел и эксплуатационных характеристик.

Работа по определению качества эксплуатационных материалов выполнялась совместно с организацией «Центр судебно-экспертной помощи».

Для анализа в лабораторию Вологодского государственного университета поступили образцы отработанного и свежего масел марки 10W40 производителя «Лукойл», которые являются предметом исследования.

Объект исследования – изменение фракционного состава масел при его эксплуатации.

При выполнении эксперимента пользовались следующими методами: вискозиметрический, гравиметрический, титриметрический, метод фракционной перегонки, метод определения температуры вспышки и хроматографический метод.

Анализ масел проводился по следующим показателям: кинематическая вязкость при температурах 100, 50, 40 °С; индекс вязкости; наличие механических примесей и воды; щелочное число, температура вспышки, моющие диспергирующие свойства; наличие посторонних компонентов (изопропанола, этиленгликоля).

Кинематическую вязкость определяли по формуле:

$$v_t = \frac{\eta_t}{\rho_t}, \quad (1)$$

где v_t – кинематическая вязкость;

ρ_t – плотность.

С учетом показателя кинематической вязкости рассчитывают по номограмме индекс вязкости.

Наличие механических примесей находят методом разбавления масла в бензине с последующим перемешиванием и отстаиванием. Для определения содержания воды в пробах масел используют безводный сульфат магния, который в присутствии воды легко гидратируется с выделением теплоты. По изменению температуры масел при добавлении к ним соли рассчитывают содержание воды. Щелочное и йодное число находят методом титрования. Оценку содержания энергетических компонентов в масле определяют по температуре вспышки в приборе «ТВЗ-2-ПХП». Моющие диспергирующие свойства исследуют хроматографическим анализом. По диаметру масляного пятна анализируют степень окисления, загрязнения и моющие свойства масла. Наличие посторонних компонентов в масле определяют методами титрования и фотоэлектроколориметрии. Результаты эксперимента оценки качества масел представлены в таблице 1.

Анализ полученных результатов свидетельствует, что после эксплуатации масел меняется значение кинематической вязкости, увеличивается щелочное число, уменьшаются диспергирующие свойства, а также

фракционный состав. Поэтому для рециклинга отработанных масел рекомендуется добавлять низкомолекулярные и среднемолекулярные фракции углеводородов, которые присутствуют в свежих маслах.

Наиболее точным показателем изменения качества моторного масла является фракционный состав углеводородов. Поэтому на втором этапе определяли фракционный состав масел, используя аппарат для перегонки нефтепродуктов. По температурам перегонки (до 70, 70–120, 120–200, более 200 °С) выделяем 4 фракции масел и определяем их объем. Результаты представлены в таблице 2.

В анализируемых свежих маслах преобладают фракции углеводородов с температурами кипения выше 120 °С. Именно эти фракции определяют смазывающие и стабилизирующие свойства масел. Результаты свидетельствуют, что при перегонке выделяют три жидкие фракции и одну густую фракцию, которая остается на дне и при стоянии образует твердый остаток – карбост. Он состоит из высокомолекулярных соединений, а также окисленных углеводородов. В нем всегда присутствуют добавки, которые вводят в масла для придания им определенных свойств.

Таблица 1

Эксплуатационные характеристики моторных масел

Характеристики	Масло свежее 10W40	Масло отработанное, 10W40 (1000 км)	Масло отработанное, 10W40 (3000 км)
Вязкость кинематическая при температуре 100 °С, мм ² /с	15,3	14,2	13,8
Вязкость кинематическая при температуре 50 °С, мм ² /с	98,7	95,8	95,4
Вязкость кинематическая при температуре 40 °С, мм ² /с	107,2	102,8	102,3
Индекс вязкости	110	71	70
Содержание воды по номограмме, %	0,5	10–11	9–10
Наличие механических примесей	-	+	+
Щелочное число, мг/г	1,1	1,52	1,6
Температура вспышки, °С	238	212–214	212
Диспергирующие свойства по методу капельной пробы	0,72	0,45	0,43
Остаточное содержание спиртов, %	-	0,79	0,82

Таблица 2

Результаты эксперимента по определению фракционного состава масел

№ опыта	Объем фракций при температурах, %		
	до 70 °С	70–120 °С	120–200 °С
Масло свежее 10W40			
1	12,6	32,4	52,8
2	11,8	33,5	49,6
3	12,4	31,82	53,71
Масло отработанное, 10W40 (1000 км)			
1	11,42	33,67	53,26
2	10,84	34,72	50,14
3	10,32	33,87	54,72
Масло отработанное, 10W40 (3000 км)			
1	5,4	36,72	49,8
2	6,1	36,82	48,4
3	6,3	37,24	47,72

При эксплуатации масел изменяется фракционный состав. Наблюдается уменьшение содержания низкокипящих фракций и увеличение содержания высококипящих. Этот процесс называется «усадкой масел» и они происходят не только за счет испарения, но и за счет реакций окисления, димеризации и полимеризации. Уменьшение содержания низкокипящих фракций вызывают изменение эксплуатационных характеристик и их постепенное старение. После старения масел встает вопрос их способов рециклинга или утилизации. Выбор способов определяется по химическому составу. На практике используют следующие способы рециклинга:

1) физический – отстаивание, фильтрация, отгон топливных фракций, центрифугирование, промывка водой, вакуумная перегонка и др.;

2) физико-химический – коагуляция загрязнений поверхностно-активными веществами, контактная очистка отбеливающими глинами, селективная очистка пропаном, фенолом, фурфуролом и др.;

3) химический – серноокислый, щелочной, гидрогенизационный.

Наиболее доступным способом рециклинга отработанных масел является физический способ. Однако он имеет ограничения и используется только в тех случаях, если вязкость масел изменяется в сравнении с исходным значением при изменении температуры на 10–15 °С. При увеличении этого показателя выше представленного значения нельзя подвергать рециклингу масло физическим способом.

Рекомендуется рециклинг проводить ультразвуковым способом обработки отработанных масел. Ультразвук вызывает диспергирование, гомогенизацию, повышение температуры, уменьшения вязкости. При этих процессах также меняется химический состав – уменьшается содержание плохо растворимых веществ и осадка. Этот способ регенерации не требует дорогостоящего оборудования, больших производственных площадей и имеет преимущество перед другими способами.

Таким образом, на основании выполненных исследований можно сделать следующие выводы:

1) при эксплуатации моторных масел наблюдается изменение их фракционного состава и эксплуатационных характеристик;

2) по изменению фракционного состава моторных масел можно определить способ их рециклинга.

Литература

1. Итинская, Н. И. Топливо, масла и технические жидкости [Текст] / Н. И. Итинская, Н. А. Кузнецов. – Москва : Агропромиздат, 1989. – 205 с.

2. Кириченко, Н. Б. Автомобильные эксплуатационные материалы : практикум [Текст] / Н. Б. Кириченко. – Москва : Академия, 2004. – 96 с.

3. ГОСТ 33-2016. Нефть и нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической и динамической вязкости [Текст]. – Взамен ГОСТ 33-2000 ; введ. 2018-01-07. – Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Российский институт стандартизации, 2021. – 36 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу)

4. ГОСТ 25371-2018. Нефтепродукты. Расчет индекса вязкости по кинематической вязкости [Текст]. – Взамен ГОСТ 25371-97 ; введ. 2019-01-07. – Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Стандартиформ, 2018. – 12 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу)

5. ГОСТ 4333-2021. Нефтепродукты. Методы определения температур вспышки и воспламенения в открытом тигле [Текст]. – Взамен ГОСТ 4333-2014 ; введ. 2022-01-07. – Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Российский институт стандартизации, 2021. – 20 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу)

6. ГОСТ 11362-96. Нефтепродукты и смазочные материалы. Число нейтрализации. Метод потенциометрического титрования [Текст]. – Взамен ГОСТ 11362-76; введ. 1997-01-07. – Минск : Межгосударственный стандарт ; Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации, 1997. – 16 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).

7. ГОСТ 3900-2022. Нефть и нефтепродукты. Методы определения плотности [Текст]. – Взамен ГОСТ 3900-85; введ. 2023-01-01. – Москва : Межгос. совет по стандартизации, метрологии и сертификации ; М. : Российский институт стандартизации, 2023. – 134 с. – (Система стандартов по информации, библиотечному и издательскому делу).

L.M. Voropai, N.V. Kurilova, M.A. Nazarova, O.L. Belkov
Vologda State University

INFLUENCE OF WASTE MOTOR OILS CHEMICAL COMPOSITION ON THEIR DISPOSAL METHOD

The results of determining the quality of motor oil by fractional composition are presented and the influence of the chemical composition of the oil on its performance characteristics is established. Samples of used and fresh oils of the 10W40 brand from the manufacturer "Lukoil" were used for the analysis. It was found that during the operation of oils, the fractional composition changes and a decrease in the content of low-boiling fractions is observed. It is recommended to select a recycling method for used oils based on the change in fractional composition.

Oil, fractional composition, recycling, viscosity, base number, iodine number, dispersing properties, flash point.