ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ МИКРОПРИМЕСЕЙ НА ВЯЗКОСТЬ НЕФТЕПРОДУКТОВ ПРИ РАЗЛИЧНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ

STUDY OF THE INFLUENCE OF MICROPRODUCTS ON THE VISCOSITY OF PETROLEUM PRODUCTS AT DIFFERENT TEMPERATURES

УДК 621.893

Нарембекова Айтбала Камзаевна, к.т.н., доцент кафедры НТМ, НАО Карагандинский технический университет, г. Караганда

Толеутаева Диана Ерболовна, магистрант, НАО Карагандинский технический университет, г. Караганда

Narembekova A.K. cpk-kru@mail.ru

Toleutayeva D.E. diana.toleutayeva@mail.ru

Аннотация

В статье рассматривается изучение влияний микропримесей на эксплуатационные свойства нефтяных масел. Так как в процессе эксплуатации масло разжижается из-за разрушения полимерного загустителя и масло начинает терять вязкость в задачи исследования входило изучение влияния Na, Fe, Al, Mo, Si, Cr, Pb, Zn, Cu, Sn на вязкость трех масел различных марок и наработок при 40°C и 100°C.

В ходе исследования были составлены графики зависимости вязкости от элементного состава масел на основе данных приборов. Для определение элементного состава испытуемых проб выбран прибор ИСП-ОЭС спектрометр PlasmaQuant PQ 9000 , а для исследования вязкости масла были выбраны термостат жидкостный ВИС-Т-07 и капиллярный вискозиметр ВПЖ-2.

Annotation

The article examines the study of the effect of trace impurities on the performance properties of petroleum oils. Since during operation the oil liquefies due to the destruction of the polymer thickener and the oil begins to lose viscosity, the research tasks included studying the effect of Na, Fe, Al, Mo, Si, Cr, Pb, Zn, Cu, Sn on the viscosity of three oils of different brands and operating time at 40°C and 100°C.

In the course of the study, graphs of the dependence of viscosity on the elemental composition of oils were compiled on the basis of these devices. To determine the elemental composition of the tested samples, the ICP-OES spectrometer PlasmaQuant PQ 9000 was chosen, and the liquid thermostat VIS-T-07 and the capillary viscometer VPZh-2 were chosen to study the oil viscosity.

Ключевые слова: кинематическая вязкость, элементный состав, моторные масла, гидравлическое масло, спецтехника

Keywords: kinematic viscosity, elemental composition, engine oils, hydraulic oil, special equipment

Современные технологические агрегаты предъявляют все более высокие требования к эксплуатационным свойствам материалов, из которых они состоят. Качество деталей агрегата напрямую определяет срок его работы. В процессе работы деталь машины может изменяться в размере, то есть подвергается износу, что приводит к остановке технологического цикла на неопределенное время. Одним из наиболее важных направлений научно-технического прогресса является изучение влияний различных факторов на машинные масла, с целью увеличения срока эксплуатации агрегатов. Как например, моторное масло обеспечивает смазку всех движущихся деталей двигателя, покрывая их защитной пленкой, которая сокращает износ и трение. Также, оно предохраняет детали двигателя от грязи, вредных отложений и от коррозии [1,2].

Актуальной проблемой в машиностроении является предотвращение ухудшения свойств материалов, отличающихся высокими физико-

химическими, механическими и эксплуатационными характеристиками, устойчивых против износа.

Для решения проблем, возникающих в процессе эксплуатации, либо для защиты двигателя и увеличения его ресурс используют присадки в моторные масла. Присадки решают определенные вопросы эксплуатации, такие как: износ, утечки масла, дымление и угар масла, снижение компрессии, шум, загрязнения. То есть все вопросы, для решения которых предназначен пакет активных веществ, добавленный при производстве товарного масла [3].

Большинство присадок – аналогичные вещества, что используются при производстве товарного масла, только в большей концентрации.

В связи с этим актуальным является изучение влияний микропримесей на эксплуатационные свойства нефтяных масел. В частности, очень актуальна проблема повышения износостойкости агрегатов, работающих в условиях интенсивного износа, что характерно для металлургической, горнодобывающей, машиностроительной промышленности, строительной техники.

Объектом исследования являются машинные масла из различных отсеков агрегатов. В задачи исследования входило изучение влияния Na, Fe, Al, Mo, Si, Cr, Pb, Zn, Cu, Sn на вязкость масел при различных температурах.

Для проверки методики эксперимента в качестве эталонных жидкостей использовались пробы свежих масел:

- проба № 1- всесезонное полусинтетическое моторное масло марки G-Profi MSI Plus 15W-40;
- проба № 2 - всесезонное минеральное моторное масло марки Fastroil Force F500 Diesel 15W-40;
- проба № 3 - универсальное трансмиссионно-гидравлическое масла марки G-Special TO-4 10W.

При измерении элементного состава с помощью ИСП были получены следующие значения эталонных жидкостей (таблица 1).

Таблица 1 - Результаты измерения элементного состава эталонных жидкостей

№ пробы	Al	Cr	Cu	Fe	Sn	Pb	Mo	Si	Na
1	0,000	0,066	0,398	0,059	0,014	0,000	0,012	0,038	0,046
2	0,450	0,197	0,202	0,961	0,101	0,367	0,410	0,860	0,030
3	0,964	0,027	1,304	1,572	0,128	0,040	0,000	1,058	0,046

При измерении вязкости с помощью капиллярного вискозиметра были получены следующие значения эталонных жидкостей (таблица 2).

Таблица 2 – Результаты измерения вязкости эталонных жидкостей

№ пробы	Номер вискозиметра	Кинематическая вязкость при 40°С, $мм^2/с^2$	Кинематическая вязкость при 100°С, $мм^2/с^2$	Индекс вязкости
1	1	115,10	14,77	132
2	265	109,74	14,81	140
3	368	41,22	6,34	101

Для исследования влияния загрязненности моторного и гидравлического масла на вязкость при 40°С и 100°С были подготовлены пробы масла, взятые со спецтехники разных наработок [4].

Измерение вязкостных свойств моторного масла марки G-Profi MSI Plus 15W-40. Пробы были отобраны с карьерного самосвала Komatsu HD785-7 № 343, s/n Y700189 (таблица 3).

Таблица 3 - Пробы моторного масла марки G-Profi MSI Plus 15W-40

№ пробы	Дата отбора пробы	Ресурс оборудования, м/ч	Наработка масла, м/ч
1.1	15.06.2020 г.	295	295
1.2	27.07.2020 г.	767	472
1.3	11.08.2020 г.	1419	652

1.4	04.09.2020 г.	2258	839

Измерения элементного состава представлены в таблице 4, а измерения вязкости в таблице 5. По результатам полученных значений были построены графики зависимости вязкости от элементного состава чистого и грязного моторного масла марки G-Profi MSI Plus 15W-40 (рисунок 11).

Таблица 4 - Результаты измерения элементного состава масел

№ пробы	Al	Cr	Cu	Fe	Sn	Pb	Mo	Si	Na
1	0,000	0,066	0,398	0,059	0,014	0,000	0,012	0,038	0,046
1.1	0,027	0,372	7,876	7,719	0,643	1,587	10,955	4,537	0,076
1.2	5,905	0,972	29,190	13,480	3,184	1,444	43,546	4,927	0,100
1.3	6,930	0,605	0,685	6,850	6,320	0,352	67,000	4,290	6,100
1.4	7,236	1,535	139,448	33,293	6,187	4,777	73,339	24,483	0,277

Таблица 5 - Результаты измерения вязкости масел марки

№ пробы	Номер вискозиметра	Кинематическая вязкость при 40°C, $мм^2/с^2$	Кинематическая вязкость при 100°C, $мм^2/с^2$	Индекс вязкости
1	1	115,10	14,77	132
1.1	1	106,07	14,01	133
1.2	265	104,54	13,92	135
1.3	365	-	12,74	-
1.4	368	-	-	-

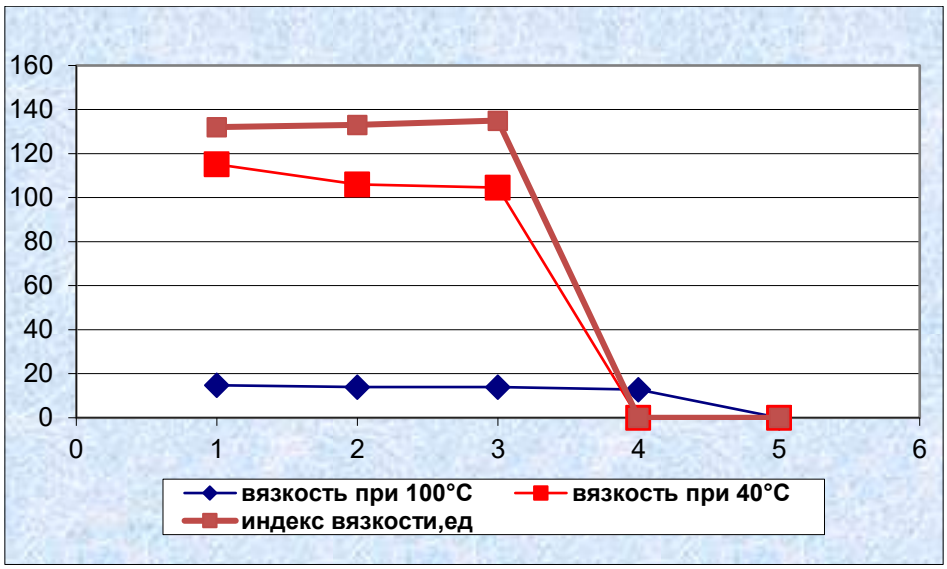


Рисунок 1 - Графики зависимости вязкости от элементного состава чистого и грязного моторного масла марки G-Profi MSI Plus 15W-40

Из рисунка видно, что при изменении качества (загрязнения) моторных масел уменьшается вязкость по сравнению с чистым. Кроме этого при попадании в моторное масло сочетание таких элементов как свинец и кремний масло слишком загрязняется и не удается замерить кинематическую вязкость. Скорее всего, повышение этих элементов вызвано износом подшипников и загрязненностью масла пылью и песком.

Измерение вязкостных свойств моторного масла марки Fastroil Force F500 Diesel 15W-40. Пробы были отобраны с погрузчика Komatsu WA900-3 (таблица 6).

Таблица 6- Пробы моторного масла марки Fastroil Force F500 Diesel 15W-40

№ пробы	Дата отбора пробы	Ресурс оборудования, м/ч	Наработка масла, м/ч
2.1	03.02.2020 г.	25501	478
2.2	08.04.2020 г.	28515	521
2.3	08.06.2020 г.	29030	530
2.4	10.08.2020 г.	36521	580

Измерения элементного состава представлены в таблице 7, а измерения вязкости в таблице 8. По результатам полученных значений были построены

графики зависимости вязкости от элементного состава чистого и грязного моторного масла марки Fastroil Force F500 Diesel 15W-40 (рисунок 2).

Таблица 7 - Результаты измерения элементного состава масел

№ пробы	Al	Cr	Cu	Fe	Sn	Pb	Mo	Si	Na
2	0,450	0,197	0,202	0,961	0,101	0,367	0,410	0,860	0,030
2.1	1.390	0,437	0,960	13,130	1,689	0,566	0,160	6,038	0,263
2.2	7,577	1,106	1,226	22,700	1,658	0,622	0,703	13,400	0,118
2.3	10,400	2,800	24,460	72,300	6,930	1,340	1,000	13,100	3,650
2.4	15,877	18,528	64,984	164,546	7,546	1,735	1,058	15,544	4,042

Таблица 8 - Результаты измерения вязкости масел марки

№ пробы	Номер вискозиметра	Кинематическая вязкость при 40°С, мм^2/с^2	Кинематическая вязкость при 100°С, мм^2/с^2	Индекс вязкости
2	265	109,74	14,81	140
2.1	1	105,36	14,07	135
2.2	265	103,82	13,51	129
2.3	365	91,09	11,70	119
2.4	368	90,23	10,25	94

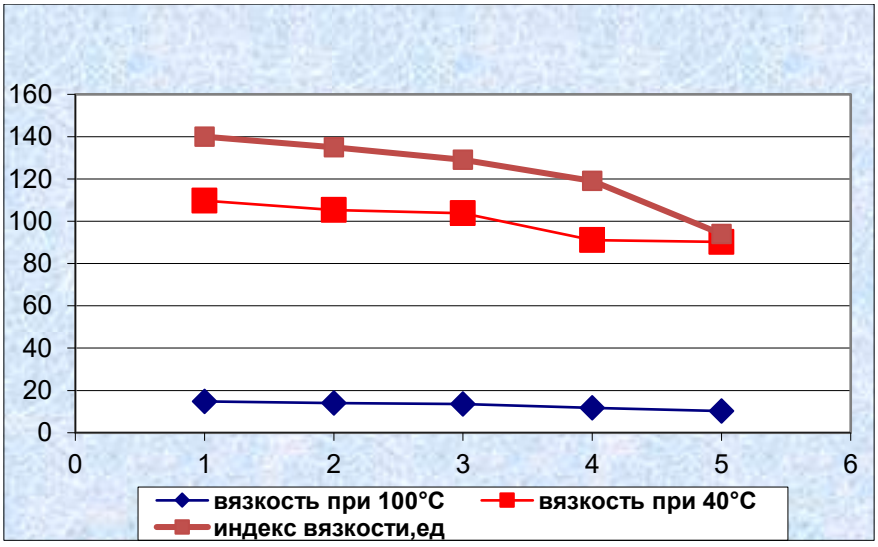


Рисунок 2 - Графики зависимости вязкости от элементного состава чистого и грязного моторного масла марки Fastroil Force F500 Diesel 15W-40

Из рисунка видно, что при изменении качества (загрязнения) моторных масел уменьшается вязкость по сравнению с чистым. Кроме этого при попадании в моторное масло сочетание таких элементов как железо и медь масляная пленка, образующаяся на внутренних поверхностях двигателя, становится слишком тонкой, для того чтобы предотвратить соприкасание движущихся металлических деталей, а в результате — повышенный нагрев и заклинивание. Скорее всего, повышение этих элементов вызвано износом коленвалов, клапанов, подшипников, гильз цилиндров.

Измерение вязкостных свойств гидравлического масла марки G-Special TO-4 10W. Пробы были отобраны с карьерного самосвала Komatsu HD785-7 № 343, s/n Y700189 (таблица 9).

Таблица 9 - Пробы моторного масла марки G-Special TO-4 10W

№ пробы	Дата отбора пробы	Ресурс оборудования, м/ч	Наработка масла, м/ч
3.1	15.06.2020 г.	295	295
3.2	27.07.2020 г.	767	456
3.3	11.08.2020 г.	1419	719
3.4	04.09.2020 г.	2258	1260

Измерения элементного состава представлены в таблице 10, а измерения вязкости в таблице 11. По результатам полученных значений были построены графики зависимости вязкости от элементного состава чистого и грязного моторного масла марки G-Special TO-4 10W (рисунок 3).

Таблица 10 - Результаты измерения элементного состава масел

№ пробы	Al	Cr	Cu	Fe	Sn	Pb	Mo	Si	Na
3	0,964	0,027	1,304	1,572	0,128	0,040	0,000	1,058	0,046
3.1	1,814	0,219	2,245	1,285	0,719	0,240	0,000	1,135	0,064
3.2	4,896	0,250	3,011	3,610	0,964	0,335	0,000	3,578	0,088

3.3	9,487	0,955	5,571	3,471	1,047	0,954	0,001	4,577	0,257
3.4	37,401	1,021	6,128	5,436	1,161	1,287	0,005	17,848	0,477

Таблица 11 - Результаты измерения вязкости масел марки

№ пробы	Номер вискозиметра	Кинематическая вязкость при 40°С, мм^2/с^2	Кинематическая вязкость при 100°С, мм^2/с^2	Индекс вязкости
3	368	41,22	6,34	101
3.1	1	38,19	6,29	113
3.2	265	37,52	6,22	113
3.3	365	36,76	6,12	113
3.4	368	36,67	6,03	109

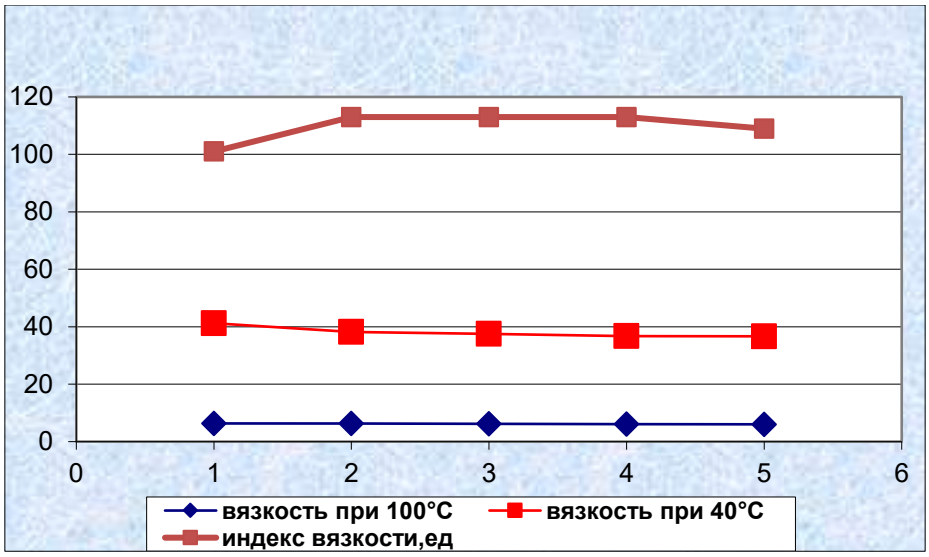


Рисунок 3 - Графики зависимости вязкости от элементного состава чистого и грязного моторного масла марки G-Special TO-4 10W

Из рисунка видно, что высокое содержание алюминия незначительно уменьшило вязкость масла. Скорее всего, пошел износ поршней. По этой причине пошло загрязнение масла абразивными частицами.

Проведя данные исследования, можно сделать вывод, что потеря несущей способности масла приводит к быстрому повышенному износу пар трения, потерям энергии, значительному росту сил трения скольжения и трения качения. Возрастание механического трения повышает количество выделяемого от трения тепла и ускоряет протекание процессов окисления.

Маловязкие моторные и трансмиссионные масла более чувствительны к загрязняющим частицам и веществам, т. к. смазывающая плёнка, образуемая маловязкими маслами слишком тонка. Наконец, гидродинамическая плёнка, образуемая моторным маслом, зависит от скорости, вязкости моторного или трансмиссионного масла и нагрузки в точке трения. Из этого следует, что при низкой вязкости масла, высокая нагрузка в сочетании с низкой скоростью трущихся деталей относительно друг друга может привести к разрыву масляной пленки и последующему сухому трению.

Литература:

1. Левченко Д.Н. Технология обессоливания на нефтеперерабатывающих предприятиях / Д.Н. Левченко, Н.В. Бергштейн, Н.М. Николаева. // М.: Химия, 2012.- 168 е.: ил.
2. Балтенас Р., Сафонов А.С., Ушаков А.И., Шергалис В. Моторные масла. Производство. Свойства. Классификация. Применение. – Москва-СПб: Альфа-Лаб, 2000;
3. Данилов В.Ф., Литвиненко А.Н., Ахсанов М.М., Тимербаев Р.М. Масла, смазки и специальные жидкости. – Елабуга: изд-во филиала К(П)ФУ, 2013.
4. ГОСТ 33-2000 (ИСО 3104-94) Нефтепродукты. Прозрачные и непрозрачные жидкости. Определение кинематической вязкости и расчет динамической вязкости.
5. СТ РК ASTM D 5185-2013. Стандартный метод определения присадок, продуктов износа металла и загрязняющих веществ в применяемых смазочных маслах и определение выбранных элементов в базовых маслах методом атомно-эмиссионной спектрометрии с индуктивно связанной плазмой (АЭС-ИСП).
6. Анализ нефти и нефтепродуктов : [учеб.-метод. пособие] / Ю. Г. Кирсанов, М. Г. Шишов, А. П. Коняева ; [науч. ред. О. А. Белоусова] ; М-во образования и науки Рос. Федерации, Урал. федер. ун-т. – Екатеринбург : Изд-во Урал. ун-та, 2016. – 88 с.

7. Алекперов, В.Ю. Нефть России: прошлое, настоящее и будущее /Алекперов В.Ю. М.: Креативная экономика, 2011. – 432 с.

Literature:

1. Levchenko D.N. Desalting technology at oil refineries / D.N. Levchenko, N.V. Bergstein, N.M. Nikolaev. // M .: Chemistry, 2012.- 168 e .: ill.
2. Baltenas R., Safonov A.S., Ushakov A.I., Shergalis V. Motor oils. Production. Properties. Classification. Application. - Moscow-SPb: Alfa-Lab, 2000;
3. Danilov V.F., Litvinenko A.N., Akhsanov M.M., Timerbaev R.M. Oils, greases and special fluids. - Yelabuga: publishing house of the K (P) FU branch, 2013.
4. GOST 33-2000 (ISO 3104-94) Petroleum products. Transparent and opaque liquids. Determination of kinematic viscosity and calculation of dynamic viscosity.
5. ST RK ASTM D 5185-2013. Standard Test Method for Additives, Metal Wear Products and Contaminants in Used Lubricating Oils and Determination of Selected Elements in Base Oils by Inductively Coupled Plasma Atomic Emission Spectrometry (ICP-AES).
6. Analysis of oil and oil products: [textbook-method. manual] / Yu. G. Kirsanov, MG Shishov, AP Konyaeva; [scientific. ed. OA Belousova]; Ministry of Education and Science Ros. Federation, Ural. Feder. un-t. - Yekaterinburg: Ural Publishing House. University, 2016 .-- 88 p.
7. Alekperov, V.Yu. Oil of Russia: past, present and future / Alekperov V.Yu. M .: Creative Economy, 2011 .-- 432 p.