

DOI: 10.26730/1999-4125-2019-2-25-30

УДК 006.83; 006.86; 66-06

## МЕТРОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ИЗМЕРЕНИЙ И КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ГИДРАВЛИЧЕСКИХ ЖИДКОСТЕЙ

## METROLOGICAL SUPPORT OF MEASUREMENTS AND CONTROL QUALITY OF HYDRAULIC FLUIDS

**Черкасова Татьяна Григорьевна,**  
доктор хим. наук, профессор, e-mail: ctg.htnv@kuzstu.ru  
**Tatyana G. Cherkasova, Dr. Sc. In Chemistry, Professor,**  
**Ахремкова Юлия Сергеевна,**  
аспирант, e-mail: ahremkova80@mail.ru  
**Yuliya S. Akhremkova, postgraduate student**

Кузбасский государственный технический университет имени Т.Ф. Горбачева, 650000, Россия,  
г. Кемерово, ул. Весенняя, 28  
T.F. Gorbachev Kuzbass State Technical University, 28 street Vesennyaya, Kemerovo, 650000, Russian  
Federation

### **Аннотация:**

*Проведен обзор литературных источников по составу и свойствам гидравлических жидкостей. В гидравлических системах в угольной отрасли применяют гидравлические жидкости типа HFA. Рассмотрены проблемные вопросы организации метрологического обеспечения и контроля качества гидравлических жидкостей этого типа. Показана необходимость разработки норм и правил для испытаний и контроля качества этого продукта. На территории РФ действует «ТР ТС 030/2012». Этот документ устанавливает требования к гидравлическим жидкостям. В статье проведены испытания рабочих растворов на основе концентрата гидравлической жидкости. Показана зависимость коррозионного воздействия на металлы и пенообразования от величины pH. При низких значениях pH наблюдаются сильные коррозионные потери. При высоких значениях pH отмечено сильное пенообразование. Также исследована зависимость pH, коррозионных потерь и пенообразования от концентрации рабочих жидкостей. С ростом концентрации наблюдается увеличение pH, пенообразования и уменьшение коррозионных потерь. Изучена взаимосвязь содержания механических примесей и класса чистоты рабочих жидкостей. Показана необходимость расширения области контролируемых показателей качества гидравлических жидкостей.*

**Ключевые слова:** Гидравлическая жидкость, добыча угля, рабочая жидкость, метрология, стандартизация, качество.

### **Abstract:**

*The review of literature on the classification, composition and properties of hydraulic fluids is presented in the article. Hydraulic fluids type HFA are used in hydraulic systems in the coal industry. The problematic issues of the organization of metrological support and quality control of hydraulic fluids of this type are considered. The need to develop rules and regulations for testing and quality control of this product is shown. On the territory of the Russian Federation, the technical regulation TR TS 030/2012 is applicable. This document specifies requirements for hydraulic fluids. This article presents the tests of working solutions carried out on the basis of a concentrate of hydraulic liquid. The dependence of the corrosive effect on metals and foaming on the pH value is shown. At low pH values, severe corrosion losses are observed. At high pH values, strong foaming is observed. The dependence of pH, corrosion losses and foaming on the concentration of working fluids is also investigated. With increasing concentration, an increase in pH, foaming and a decrease in corrosion losses is observed. The relationship between the content of mechanical impurities and the purity class of working fluids is studied. The necessity of expansion of the area of controlled indicators of quality of hydraulic fluids is shown.*

**Key words:** Hydraulic fluid, coal mining, working fluid, metrology, standardization, quality.

Таблица 1. Результаты испытаний рабочей жидкости с разным значением pH  
Table 1. Test results of working fluid with different pH

№ п/п	pH, ед. pH	Коррозионные потери (Кп), г	Объем пены (V), см <sup>3</sup>	
			при 24 °С	при 50 °С
1	6,2	288,0	0	0
2	6,6	109,2	0	0
3	7,1	28,2	20	0
4	7,7	5,8	30	10
5	8,3	0,0	65	15
6	9,1	0,0	75	30
7	9,9	0,0	90	50

Ведущими факторами, влияющими на стабильную и эффективную работу механизированного угледобывающего комплекса, являются надежность и долговечность его составных элементов [1] и высокое качество рабочей жидкости [2]. В современных гидравлических системах угольных предприятий применяют экологически безопасные, трудновоспламеняемые рабочие жидкости типа HFA [3,4]. На современном рынке представлен широкий спектр гидравлических жидкостей, в основном от зарубежных производителей. Выбор потребителей этой продукции в пользу зарубежных производителей объясняется наличием у последних метрологического обеспечения касательно гидравлических жидкостей, способствующего производству высококачественных продуктов.

Предъявить требования к какому-либо продукту можно на основании нормативных документов и стандартов [5]. В Федеральном информационном фонде стандартов РФ нет единого комплекса правил и норм, с помощью которых можно контролировать технологические процессы при производстве, правила эксплуатации, а также характеристики и свойства гидравлических жидкостей. Потребители ориентируются только на рекомендации и нормативную документацию производителя. На сегодняшний день на территории РФ действует технический регламент Таможенного союза «О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям» (ТР ТС 030/2012). Это единственный стандарт в нашей стране, устанавливающий требования к гидравлическим жидкостям, которые расклассифицированы в нем как специальные жидкости. Согласно этому документу, в гидравлических жидкостях необходимо контролировать следующие показатели: пожаро-взрывоопасность, воздействие на окружающую среду и организм человека, водородный показатель (pH), содержание механических примесей [6-8] и метилового спирта. К сожалению, в ТР ТС 030/2012 из физико-химических показателей уделяется внимание только значению pH и содержанию механических примесей и метилового спирта.

Подробно остановимся на таком параметре, как водородный показатель (pH). В соответствии с вышеуказанным документом для специальных

жидкостей допускается значение pH от 6 до 10 [9]. Было проведено два опыта. Так как гидравлические жидкости применяются в виде рабочей жидкости [10,11], то именно с ними и проводили следующие опыты.

В первом опыте приготовили рабочую жидкость с концентрацией 2,0% на основе дистиллированной воды. Далее определили pH этого раствора согласно ГОСТ 6243-75 с помощью pH-метра, которое было равно 7,9. Данный образец разлили в 7 стеклянных стаканов объемом 300 см<sup>3</sup>. В результате добавления реактивов добились разного диапазона pH. Затем в каждом образце определили следующие показатели: коррозионное воздействие на стальную пластину и пенообразующие характеристики. Коррозионное воздействие на стальную пластину проводили в соответствии с ГОСТ 28084-89. В рабочую жидкость помещали стальную пластину определенного размера и выдерживали при температуре 40 °С в течение 14 дней, затем определяли коррозионные потери. Для определения пенообразующих характеристик в соответствии с ГОСТ ИСО 6247-2013 каждую пробу испытывали в два этапа. На первом этапе порцию пробы продували воздухом при температуре 24 °С с постоянной скоростью и через 5 минут регистрировали объем полученной пены. На втором этапе испытание проводили аналогично со второй порцией пробы при температуре 50 °С (рабочая температура) и также регистрировали объем пены. Полученные данные приведены в таблице 1.

Таким образом, в исследуемом диапазоне pH наблюдается следующая зависимость: при низких pH-значениях 6,2 и 6,6 наблюдаются сильные коррозионные потери, а при высоких значениях pH потерь не наблюдается. Это происходит потому, что кислая среда вызывает коррозию и разрушение металла. С увеличением pH скорость образования коррозии уменьшается, соответственно, уменьшаются и коррозионные потери (рис.1). Также из опыта видно, что при низких значениях pH пены нет и чем выше значение pH, тем больше образуется пены (рис.2).

Для проведения второго опыта приготовили несколько образцов рабочей жидкости с концентрациями 0,5 %, 1,0%, 1,5 %, 2,0 %, 2,5 %, 3,0%.

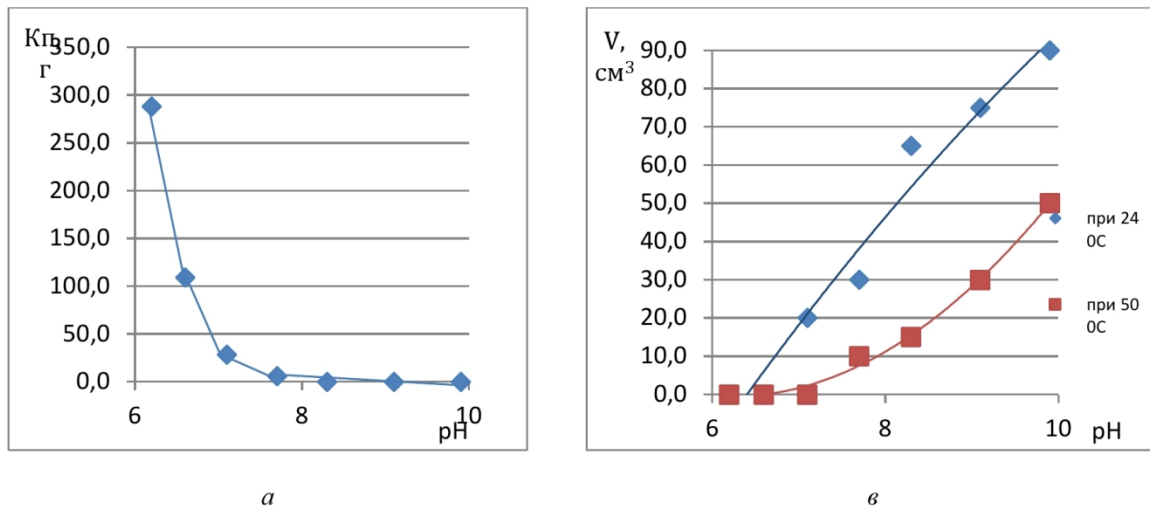


Рис. 1. Зависимость образования а) коррозионных потерь и в) пены от рН  
 Fig. 1. Dependence of formation а) of corrosion losses and в) foam on рН

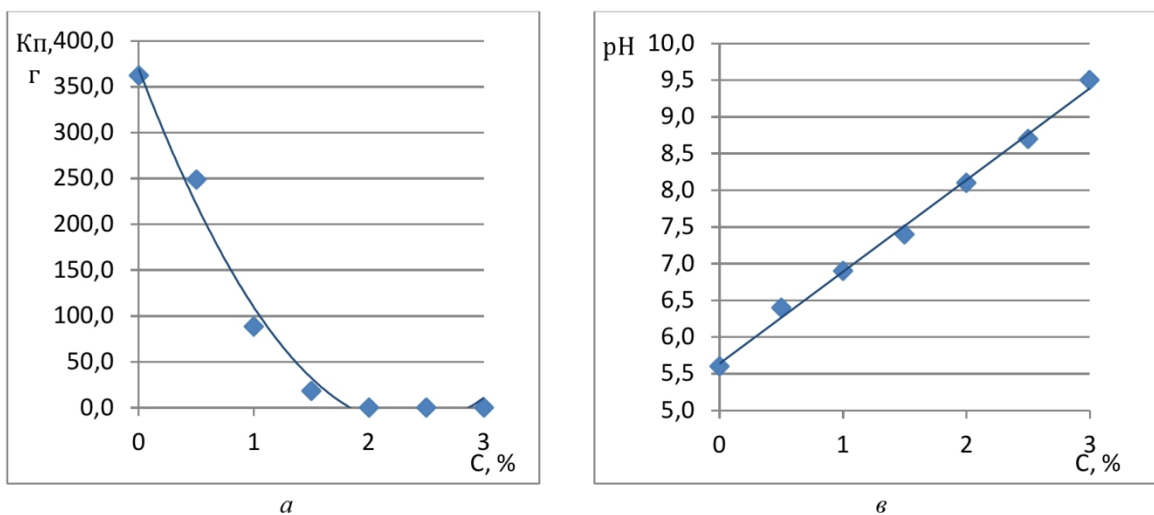


Рис. 2. Зависимость а) образования коррозионных потерь и в) рН от концентрации раствора  
 Fig. 2. Dependence а) of formation of corrosion losses and в) рН on the concentration of the solution

Аналогично, как и в первом опыте, определили коррозионное воздействие на стальную пластину и пенообразующие характеристики полученных растворов. Кроме того, определили рН каждого раствора. Полученные данные приведены в таблице 2.

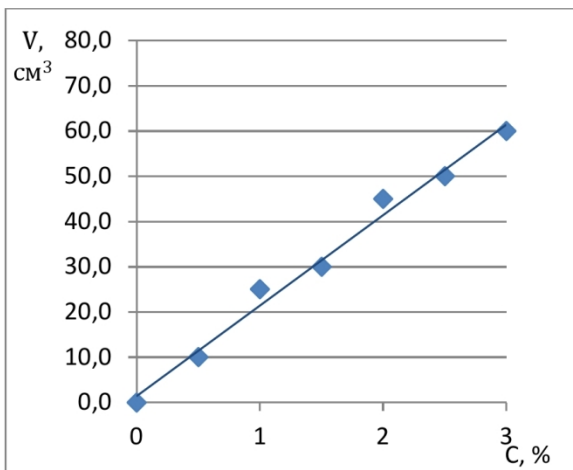
Опыт показал, что с увеличением концентрации рабочей жидкости увеличивается рН и объем образовавшейся пены, а коррозионные потери уменьшаются (рис. 2,3). Проведенные опыты показывают, что диапазон величины рН, указанный в ТР ТС 030/2012, подходит не для всех специальных жидкостей. По крайней мере, нужно провести много опытов и испытаний концентратов гидравлических жидкостей и рабочих жидкостей на их основе для выделения и уточнения этого диапазона, так как при 6 ед. рН существует угроза образования коррозии в гидросистеме и выхода из строя узлов механизированного комплекса. При 10 ед. рН в

гидросистеме может начаться сильное пенообразование, понижающее смазочную способность и вызывающее окисление рабочей жидкости. Пена постепенно превращается в вязкие примеси, которые откладываются на поверхности металла, нарушая нормальную работу комплекса, поэтому очень важно контролировать все эти параметры, взаимосвязанные друг с другом.

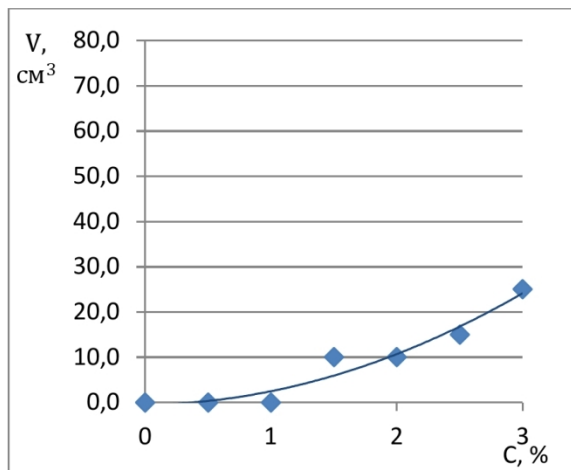
Еще один показатель, который нормируется в ТР ТС 030/2012 – это содержание механических примесей. Согласно техническому регламенту, допускается массовое содержание механических примесей, но не более 0,03 %. В тоже время на территории РФ действует такой документ, как ГОСТ 17216-2001, в котором приведена зависимость класса чистоты [12] жидкостей от массового содержания загрязнителя. В соответствии с ГОСТ 17216-2001 содержание загрязнителей в пределах 0,002-

Таблица 2. Результаты испытаний рабочих жидкостей с разной концентрацией  
Table 2. The test results of working fluids with different concentrations

№ п/п	Концентрация (С), %	рН, ед.рН	Коррозионные потери (Кп), г	Объем пены (V), см <sup>3</sup>	
				при 24 °С	при 50 °С
1	0,0	5,6	362,0	0	0
2	0,5	6,4	248,7	10	0
3	1,0	6,9	88,2	25	0
4	1,5	7,4	18,2	30	10
5	2,0	8,1	0,0	45	10
6	2,5	8,7	0,0	50	15
7	3,0	9,5	0,0	60	25



а



в

Рис. 3. Зависимость пенообразования от концентрации раствора  
а) при 24 °С и в) при 50 °С

Fig. 3. The dependence of foaming on the concentration of the solution  
а) at 24 °С and в) at 50 °С

0,004 % соответствует 12-13 классу чистоты. Для реальной гидросистемы это достаточно высокий класс чистоты. Проведен следующий опыт. Приготовили несколько образцов рабочей жидкости с концентрацией 2%. Ввели заведомо известные концентрации загрязнителя и определили класс чистоты полученных жидкостей на приборе ПКЖ-904А, затем в течение 6 часов прогнали каждый из образцов через испытательный стальной стенд для рабочих жидкостей. Затем снова измерили класс чистоты растворов. Результаты испытаний приведены в таблице 3.

Анализ полученных данных показал, что после прогона рабочей жидкости через испытательный стенд класс чистоты ее уменьшается и, соответственно, уменьшается содержание загрязнителей. Это говорит о том, что некоторая часть загрязнителей осела на элементах стенда. Содержание большого количества загрязняющих частиц, особенно крупных, в гидросистемах может привести к дальнейшим неисправностям в работе комплекса, поэтому очень важно контролировать не только содержание механических примесей, но и класс

чистоты рабочих жидкостей. По возможности необходимо стараться избегать их загрязнений.

Следует отметить, что гидравлическая жидкость – это водный раствор химических соединений. Очень важно понимать, какими свойствами обладает этот продукт, и контролировать все необходимые физико-химические показатели [13-15]. В таблице 4 приведен перечень основных свойств рабочих жидкостей и, соответственно, их параметров.

В обеспечении высокого качества продукции первостепенная роль принадлежит достоверным измерениям показателей, характеризующих свойства продукта. Гидравлическая жидкость состоит из пакета химических соединений и обеспечивает стабильность и долговечность работы гидросистемы, а также безопасность жизни эксплуатирующего персонала. Как и у любого химического продукта, при производстве, эксплуатации и контроле качества гидравлических жидкостей есть определенные тонкости, поэтому в современных условиях

Таблица 3. Классы чистоты рабочих жидкостей  
 Table 3. Purity classes of working fluids

№ п/п	Класс чистоты до пропускания через стенд	Масса загрязнителей до пропускания через стенд, %, не более	Класс чистоты после пропускания через стенд	Масса загрязнителей после пропускания через стенд, %, не более
1	5	не нормируется	3	не нормируется
2	8	0,000125	6	0,000032
3	11	0,001	7	0,000064
4	12	0,002	10	0,0005
5	13	0,004	10	0,0005
6	14	0,008	12	0,002
7	15	0,016	11	0,001

Таблица 4. Перечень основных свойств и показателей  
 Table 4. List of basic properties and quality indicators

№ п/п	Характеристики гидравлических жидкостей	Физико-химические показатели
1	Рабочая концентрация	Концентрация
2	Высокие смазывающие свойства	Смазывающие характеристики, плотность
3	Стабильность при работе и хранении	Стабильность
4	Малая склонность к пенообразованию	Вспениваемость
5	Высокая биологическая стабильность	Микробиологические показатели
6	Высокоэффективная защита от коррозии	Коррозионное воздействие на металлы; рН
7	Низкая окислительная способность	Число нейтрализации
8	Малое изменение вязкости при изменении температуры и давления	Вязкость
9	Оптимальная плотность	Плотность
10	Чистота, однородность	Содержание механических примесей; класс чистоты

требуется совершенствование и развитие метрологического обеспечения и контроля качества гидравлических жидкостей с учетом требований законов «Об обеспечении единства измерений» и «Об обеспечении единства измерений». Также

необходимо провести анализ стандартов, касающихся испытаний гидравлических жидкостей, разработать комплекс методик измерений и эталонных образцов.

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Новый справочник химика и технолога. Сырье и продукты промышленности органических и неорганических веществ. Ч. I. – С.Пб.: АНО НПО «Мир и семья», АНО НПО «Профессионал», 2002. – 988 с.
2. Сазанов И.И. Гидравлика. Конспект лекций: учебное пособие. М.: ИЦ МГТУ Станкин, 2004. – 292 с.
3. Birdi K.S. Surface Chemistry and Geochemistry of Hydraulic Fracturing: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2017. – p.194.
4. Яновский Л.С. Основы химмотологии. – М.: Берлин: Директ-Медиа, 2016. – 482 с.
5. Лежанина И.А. Метрологическое обеспечение производства: учебное пособие / И.А.Лежанина, А.А.Уваров. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2014. – 120 с.



6. Fan R. J. Chemistry and Technology of Surfactants. – Blackwell Publishing Ltd, 2006. – p.316.
7. Mortier R.M. Chemistry and Technology of Lubricants / Mortier R.M., Fox M.F., Orszulik S.T. (eds.). – 3rd ed. Springer. 2010. – p. 576.
8. Максакова, Л.А. Полимерные материалы и их применение. Учебное пособие / Л.А. Максакова, О.Ж. Аюрова. – Улан-Удэ: Изд. ВСГТУ. 2004. – 178 с.
9. Белик В.В. Физическая и коллоидная химия. Учебник для студ. учреждений сред. проф. образования / В.В. Белик, К.И. Киенская / 9-ое изд., стер. – М.: Академия, 2015. – 288 с.
10. Рафиков, С.Р. Введение в физико-химию растворов полимеров / С.Р. Рафиков, В.П. Будтов, Ю.Б. Монаков. – М.: Наука, 1978. – 328 с.
11. Дымент, О.Н. Гликоли и другие производные окисей этилена и пропилена / О.Н. Дымент, К.С. Казанский, А.М. Мирошников / под ред. О.Н. Дымента. – М.: Химия, 1976. – 376 с.
12. Ланге К.Р. Поверхностно-активные вещества: синтез, свойства, анализ, применение / под науч. ред. Л.П. Зайченко. – СПб.: Профессия, 2007. – 240 с.
13. Totten G.E. Bench Testing of Industrial Fluid Lubrication and Wear Properties Used in Machinery Applications. – ASTM, 2001. – p.338.
14. Srivastava S.P. Developments in Lubricant Technology. – Wiley, 2014. – p. 352.
15. Mang, T. Encyclopedia of Lubricants and Lubrication. – Berlin: Springer, 2014. – p. 2403.

## REFERENCES

1. Novum Enchiridion de pharmacopola, et technologist. Rudis materia et uber organicum, et anorganicis substantiae industria. C-I-C.: NGO NGO "Pacem et familia", NGO "Amet", 2002. – 988 s. (rus)
2. Sazanov I.I. Gidravlika. Konspekt lekcij. Uchebnoe posobie. – М.: IC MGTU Stankin, 2004 – 292 s. (rus)
3. Birdi K.S. Surface Chemistry and Geochemistry of Hydraulic Fracturing: CRC Press, Taylor & Francis Group, LLC, 2017. – p.194.
4. Yanovsky L. S. Fundamenta justo. - Moscow: Berlin: Dirige Media, 2016. - 482s. (rus)
5. Lejanina I. A. Metrological sustinere productionem: artem / I. A. Lezhnina, A. A. Uvarov. – Tomsk: Libellorum domus Tomsk Polytechnic University, 2014. – 120 s. (rus)
6. Fan R.J. Chemistry and Technology of Surfactants. – Blackwell Publishing Ltd, 2006. – p.316
7. Mortier R.M. Chemistry and Technology of Lubricants / Mortier R.M., Fox M.F., Orszulik S.T. (eds.). – 3rd ed. Springer. 2010. – p. 576.
8. Maksakova, L.A. Polimernyye materialy i ikh primeneniye. Uchebnoye posobiye / L. A. Maksakova, O.Zh. Ayurova. – Ulan-Ude: Izd. VSGTU. 2004. – 178 s. (rus)
9. Belik V.V. Corporalis et colloidal justo. Artem enim alumni. instituta environments. lorem educationem / V.V. Belik, K.I. Canska / 9th ed., deleri. - Moscow: Academia, 2015. - 288 s. (rus)
10. Rafikov, S.R. Vvedeniye v fiziko-khimiyyu rastvorov polimerov / S.R. Rafikov, V.P. Budtov, Yu.B. Monakov. – М.: Nauka, 1978. – 328 s. (rus)
11. Dyment, O.N. Glikoli i drugiye proizvodnyye okisey etilena i propilena / O.N. Dymment, K.S. Kazanskiy, A.M. Miroshnikov / pod red. O. N. Dymenta. – М.: Khimiya, 1976. – 376 s. (rus)
12. Lange, K. R. Surfactants: synthesis, proprietates, analysis, applications / edited nauch. edited by L. P. Zaichenko. – SPb.: Professionem, 2007. - 240 s. (rus)
13. Totten G.E. Bench Testing of Industrial Fluid Lubrication and Wear Properties Used in Machinery Applications. – ASTM, 2001. – p. 338.
14. Srivastava S.P. Developments in Lubricant Technology. – Wiley, 2014. – p. 352.
15. Mang, T. Encyclopedia of Lubricants and Lubrication. – Berlin: Springer, 2014. – p. 2403.

Поступило в редакцию 25.03.2019

Received 25 March 2019