

L. V. Efremov

Institute of Problems of Mechanical Engineering of the Russian Academy of Sciences,
199178, St. Petersburg, Russia, levlefr@mail.ru

MEASUREMENT OF SURFACE IRREGULARITIES OF MACHINE PARTS

Annotation

The report shows methods for measuring irregularities that occur on the surface of parts both during their manufacture (for example, roughness) and during testing and operation (for example, contact fatigue, corrosion, cavitation, shock and other natural damage). It is proposed to solve this problem on the monitor of a conventional digital microscope equipped with a light beam source that coincides with the optical axis of the device. Algorithms for analyzing characteristic images of irregularities and methods for evaluating them using the ImageJ tool have been developed.

Keywords: Image, surface, unevenness, damage, roughness

УДК 621.892

doi: 10.18720/SPBPU/2/id24-230

С.М. Пилюгин, А.Н. Абрамов, С.А.Саранцева, А.И.Голубков
ООО «Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института»,
Уфа, Россия, pilyugin@rosoil.ru

МЕТОД КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОДОРАСТВОРИМЫХ СОЖ ПРИ ИМПОРТОЗАМЕЩЕНИИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ ОПК

Аннотация

Предложена методика комплексной оценки эффективности смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) включающая триботехнические, физико-химические и охлаждающие свойства. Приведены результаты внедрения СОЖ на предприятиях ОПК. Показаны результаты выполнения работ по импортозамещению СОЖ на предприятиях военно-промышленного комплекса (ОПК). Представлены результаты сравнительных испытаний импортных смазочных материалов в сравнении с отечественными СОЖ «Росойл». Показано, что СОЖ «Росойл» не уступают импортным аналогам по основным эксплуатационным характеристикам.

Ключевые слова: смазывающе-охлаждающие жидкости; металлообработка; импортозамещение, критерии оценки применимости СОЖ.

Введение

В настоящее время большое внимание уделяется совершенствованию технологии механической обработки, увеличению производительности и точности обработки деталей машин, повышению стойкости инструмента. На машиностроительных и металлургических предприятиях широко применяется импортное оборудование. Наиболее характерна ситуация, когда оборудование в состоянии поставки комплектуется всей необходимой оснасткой, инструментом и

смазками, в том числе смазывающе-охлаждающими жидкостями. Таким образом, первоначальный подбор СОЖ осуществляется поставщиком оборудования. Как следствие в пределах одного предприятия применяются различные СОЖ даже на одном и том же типе оборудования. Такая же ситуация характерна и для отечественного оборудования.

Популярность импортных СОЖ легко объяснить высоким уровнем доверия потребителя. Западные компании обеспечивают полное соответствие стандартам качества и выпускают экологичную продукцию. К российским фирмам у покупателей доверия меньше. Производители из России стартовали позже, многие компании не могут проводить полноценных исследований. Хотя сегодня многие руководители предприятий понимают, что без научных исследований конкурировать в высокотехнологичной среде невозможно.

Для обрабатывающих центров необходимы высокотехнологичные СОЖ, так как на таком оборудовании производятся сразу несколько технологических операций, каждая из которых требует индивидуального подбора СОЖ прежде всего по охлаждающим и триботехническим характеристикам, которые будут обеспечивать оптимальную температуру резания.

В рамках обеспечения технологического суверенитета вопрос импортозамещения СОЖ как на импортном, так и на отечественном металлообрабатывающем оборудовании приобретает острую актуальность. В то же время отсутствует единый подход к определению критериев оценки применимости той или иной СОЖ, что также актуально и в вопросах импортозамещения СОЖ. Набор физико-химических показателей, описывающих импортную СОЖ, не позволяет однозначно принять решение о ее замене на отечественный аналог, так как не учитывает всех условий ее эксплуатации, связанных с триботехническими и охлаждающими характеристиками [1-6].

Для эффективной замены импортных СОЖ на отечественные необходимо уже на стадии лабораторных исследований проводить сравнительные испытания основных характеристик разрабатываемой продукции с импортными аналогами [7-12].

Методы и материалы

Для сравнительной оценки охлаждающих и триботехнических характеристик водорастворимых СОЖ, применяемых в процессах металлообработки, авторы предлагают способ определения комплексной эффективности в лабораторных условиях [13-15], который можно оценить по формуле:

$$K = \frac{P_c(\text{СОЖ})}{P_c(\text{вода})} \times \frac{V_{\text{макс}}(\text{СОЖ})}{V_{\text{макс}}(\text{вода})} \times \frac{D_{\text{и}}(\text{вода})}{D_{\text{и}}(\text{СОЖ})} \quad (1)$$

где $P_c(\text{СОЖ})$ - нагрузка сваривания, полученная с применением испытываемой СОЖ; $P_c(\text{вода})$ - нагрузка сваривания, полученная с применением воды; $V_{\text{макс}}(\text{СОЖ})$ - максимальная скорость охлаждения, полученная с применением испытываемой СОЖ; $V_{\text{макс}}(\text{вода})$ - максимальная скорость охлаждения воды; $D_{\text{и}}(\text{вода})$ - диаметр пятна износа, полученный с применением воды; $D_{\text{и}}(\text{СОЖ})$ - диаметр пятна износа, применением испытываемой СОЖ.

Наиболее эффективную СОЖ определяют по наибольшему значению коэффициента K . Выбор данных параметров оценки СОЖ обоснован тем, что они отражают эффективность СОЖ по смазочному и охлаждающему действиям.

Триботехнические свойства исследуемых СОЖ оценивали на

четырёхшариковой машине трения (ЧМТ-1, рис.1) по ГОСТ 9490.

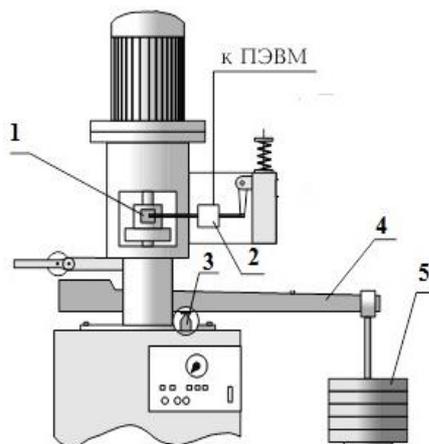


Рисунок 1 - Схема четырёхшариковой машины трения: 1-узел трения; 2-датчик силы; 3 - призма; 4 - рычаг; 5 - грузы.

Для определения охлаждающих характеристик СОЖ применяли установку для оценки охлаждающих характеристик технологических жидкостей УЗС-2 [8,9]. Основные технические характеристики установки соответствуют требованиям международных стандартов ISO 9950 (1999 г.), ASTM D6200 - 01(2017г.) и ASTM D6482 - 06 (2016 г.).

При проведении лабораторных исследований были использованы импортные и отечественные СОЖ в виде 5% концентраций в воде.

Результаты и обсуждение

В качестве примера приводится задача по импортозамещению смазывающе-охлаждающей жидкости Blaser Vasco 7000 (Швейцария) - высококачественная смазочно-охлаждающая жидкость, не содержащая хлора, бора, формальдегида и цинка на основе сложноэфирного синтетического масла, на обрабатывающем центре Hermle C40U для обработки высоколегированных сталей деталей авиационного двигателя.

СОЖ Blaser Vasco 7000 предназначена для металлов, сложных в обработке, таких, как титан, сплавы на основе никеля или хром-кобальтового сплава, а также при общей обработке в тяжелых режимах резания стали и сплавов алюминия. Данные материалы характерны для деталей газовых турбин.

СОЖ Blaser Vasco 7000 поставлялась в составе большого количества оборудования, а именно высокопроизводительных обрабатывающих центров, шлифовальных центров, токарных, фрезерных, сверлильных станков.

Первичный анализ физико-химических показателей СОЖ (таблица 1) и параметров технологического процесса не позволяет сделать однозначный вывод о замене аналогом.

Сделать вывод, о возможности замещения исходя исключительно из физико-химических показателей, не представляется возможным.

Оценка триботехнических свойств (нагрузки сваривания, P_s , кгс; диаметра пятна износа D_i , мм) на четырёхшариковой машине трения позволяет подойти к вопросу замещения СОЖ более подробно.

В таблице 2 приведены триботехнических показатели некоторых СОЖ Росойл, Castrol, Vechem и Blaser для сравнения и оценки.

Таблица 1- Физико-химических показателей СОЖ

№ п/п	Показатель	Blaser Vasco 7000	Castrol Syntilo 81E	Bechem Avantin 361	Росойл 940	Росойл 921
1	Содержание минерального масла, %	0	0	50	0	0
2	Плотность при 20°С, г/см ³	0,98	0,959	0,92-0,96	1,0	1,2
3	Вязкость при 40°С, мм ² /с	74	90	70-170	9,6*	5*
4	рН	8.8-9.5	9,3	9,0 – 9,2	9,9	8,5-10,5
5	Внешний вид эмульсии	полупрозрачная	прозрачный янтарный	молочно-белая	молочная	полупрозрачная

* Вязкость измерена по ГОСТ 33 при температуре 50 °С.

Таблица 2 - Триботехнические показатели СОЖ при испытании на четырехшариковой машине трения

№ п/п	Наименование СОЖ	Концентрат (в состоянии поставки)		5% водная эмульсия				К – коэф. комплексной эффективности СОЖ	
		Рс, кгс	Ди (20 кгс, 1ч), мм	Рс, кгс (400 об/мин)	Ди (20 кгс, (400 об/мин)	Рс, кгс (1496 об/мин)	Ди (20 кгс, 1ч), мм (1496 об/мин)	При 400 об/мин	При 1496 об/мин
1	Росойл 921	133	1,42	473	0,92	112	1,42	0,95	0,53
2	Росойл 940	282	1,44	531	0,97	119	1,5	0,47	0,25
3	Blaser Vasco 7000	141	1,1	630	0,67	141	1,03	0,46	0,24
4	Castrol Syntilo 81E	160	0,73	850	0,53	126	0,82	0,98	0,35
5	Bechem Avantin 361	106	1,22	422	0,96	106	1,47	0,43	0,26
6	Вода	160	1,74	282	1,52	160	1,74	-	-

На рисунке 2 приведены результаты исследований, с использованием установки УЗС-2, по определению максимальных скоростей охлаждения импортных и отечественных СОЖ для 5% концентраций в воде.

На рисунке 3 приведены результаты исследований, с использованием установки УЗС-2, по определению кривых охлаждения (температура–время) импортных и отечественных СОЖ для 5% концентраций в воде.

Коэффициент К для СОЖ при 1496 об/м ЧШМ: Blaser Vasco 7000 = 0,24; для Росойл 940 = 0,25; для Росойл 921 = 0,53; для Castrol Syntilo 81E = 0,35; для Bechem Avantin 361 = 0,26.

Коэффициент К для СОЖ при 400 об/м ЧШМ: Blaser Vasco 7000 = 0,46; для Росойл 940 = 0,47; для Росойл 921 = 0,95; для Castrol Syntilo 81E = 0,98; для Bechem Avantin 361 = 0,43.

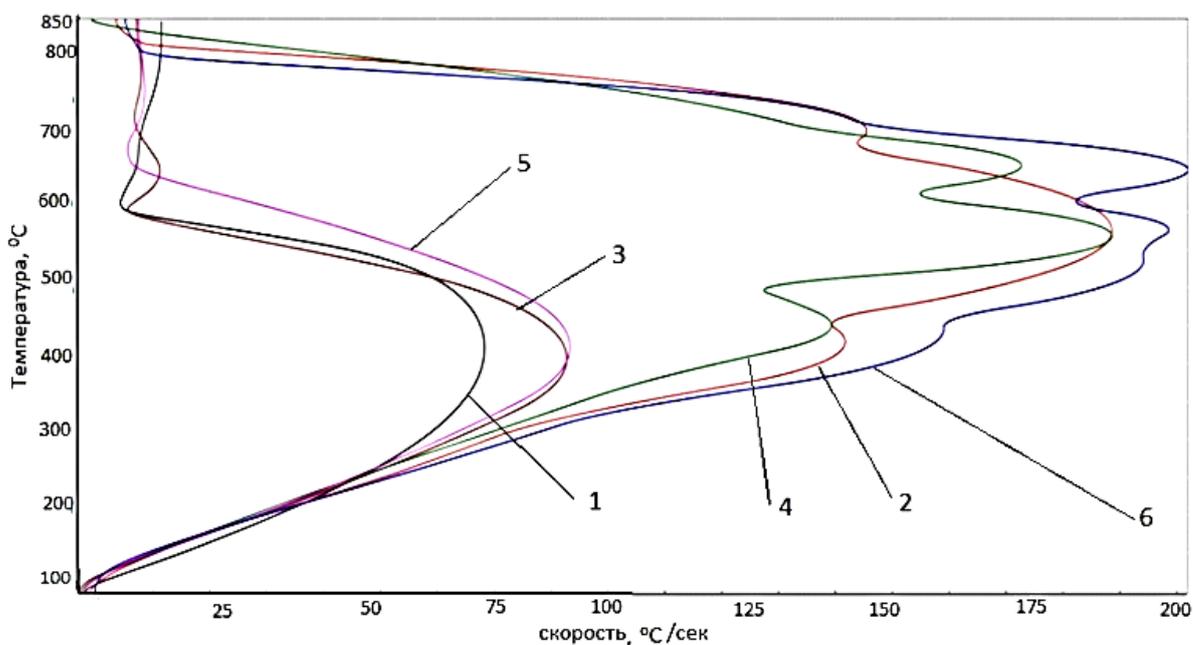


Рисунок 2 - Максимальные скорости охлаждения (температура–скорость охлаждения) СОЖ 5% концентрации в воде: 1-Росойл 940; 2- Росойл 921; 3- Bechem Avantin 361; 4- Castrol Syntilo 81E; 5 – Blaser Vasco 7000; 6 - Вода.

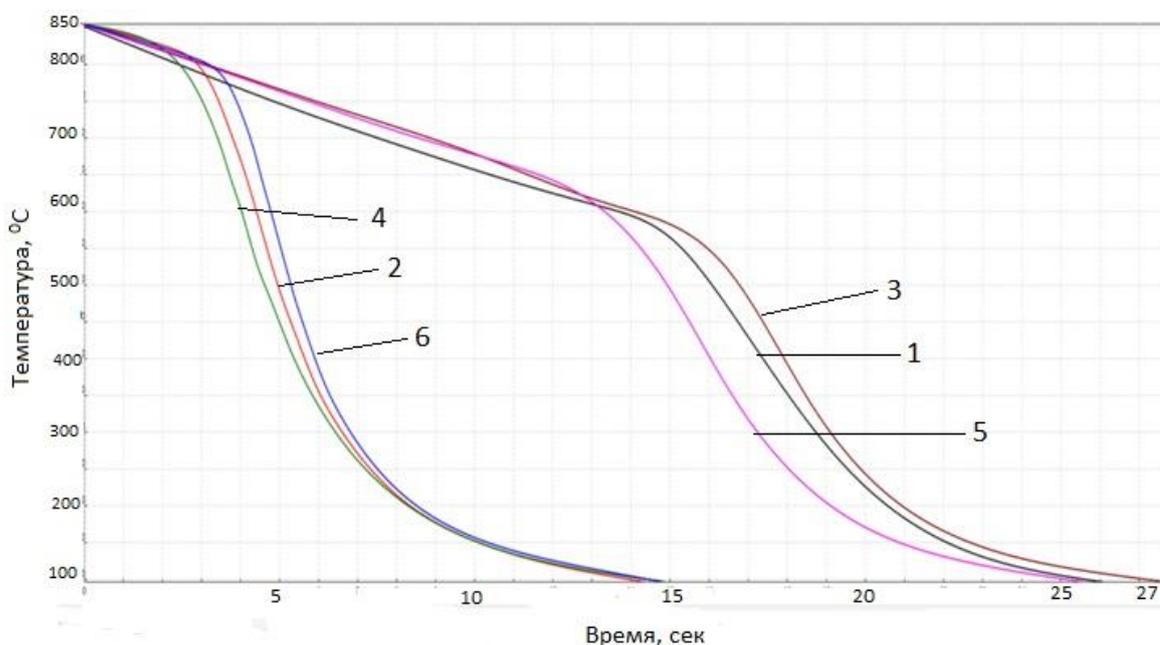


Рисунок 3 - Кривые охлаждения (температура–время) СОЖ 5% концентрации в воде: 1-Росойл 940; 2- Росойл 921; 3- Bechem Avantin 361; 4- Castrol Syntilo 81E; 5 – Blaser Vasco 7000; 6 - Вода.

Полученные данные можно интерпретировать следующим образом: в качестве аналога СОЖ Blaser Vasco 7000, Bechem Avantin 361 может быть применена отечественная СОЖ Росойл 940, при этом будут сохраняться параметры технологического процесса. В случае необходимости более интенсивного отвода тепла из зоны резания и/или продуктов износа (например абразивного), то следует в качестве аналога СОЖ Castrol Syntilo 81E рассмотреть СОЖ Росойл 921.

Правомерность такого подбора аналогов подтверждают акты внедрения СОЖ Росойл по программам импортозамещения.

На основании проведенных лабораторных исследований были изготовлены

промышленные партии СОЖ «Росойл» и проведены испытания последних на предприятиях ОПК.

В таблицах 3,4 и 5 приведены результаты внедрения СОЖ Росойл по программам импортозамещения на предприятиях АО «Объединенная двигателестроительная корпорация» ГК Ростех.

Таблица 3 - Результаты внедрения СОЖ на ПАО «ОДК-УМПО»

№ п/п	Заказчик	Производитель	Наименование	Аналог
1	ПАО «ОДК-УМПО»	Blaser, Швейцария	Vasco 2000	Росойл 520
2			Blasocut BC 35 LF SW	Росойл 940
3			Blasomill 15	Росойл 102
4			Vasco 7000	Росойл 940, Росойл 921
5		Castrol, Германия	Variocut B9	Росойл 423
6		Carl Bechem, Германия	Avantin 361	Росойл 940
7		Mobil, Германия	Mobilcut 140	Росойл 911

Таблица 4 - Результаты внедрения СОЖ на ПАО «ОДК-Кузнецов»

№ п/п	Заказчик	Производитель	Наименование	Аналог
1	ПАО «ОДК-Кузнецов»	Blaser, Швейцария	Blasocut 7000	Росойл 940
2		Castrol, Германия	Hysol SL 35	Росойл 911
3			Hysol SL 45	Росойл 911
4			Variocut G 600	Росойл 102
5			Syntilo 81 E	Росойл 921
6		Cimcool, США	Cimvantage	Росойл 940

Таблица 5 - Результаты внедрения СОЖ в филиале ПАО «ОДК-Сатурн» - ОМКБ в г. Омск

№п/п	Заказчик	Производитель	Наименование	Аналог
1	Филиал ПАО «ОДК-Сатурн» - ОМКБ в г. Омск	Blaser, Швейцария	Blasocut 2000	Росойл 940

Заключение

Разработан метод комплексной оценки эффективности СОЖ (патент РФ № 2777395 от 03.08.2022).

Предложена методика подбора СОЖ, в том числе по программам импортозамещения, которая доказала свою актуальность, что подтверждают акты внедрения СОЖ Росойл на предприятиях АО «Объединенная двигателестроительная корпорация»

Приведен пример импортозамещения СОЖ Blaser Vasco 7000 на СОЖ Росойл 940, Росойл 921 с учетом особенностей технологического процесса.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Рынок СОЖ: кратко о текущей обстановке. [Электронный ресурс] режим доступа - <https://indpages.ru/materials/rynok-sozh-korotko-o-tekushhej-obstanovke/?ysclid=lwejr6ow36854153931> (дата обращения (03.05.2024)).

2. МСП и импортозамещение: ответы российских компаний на наши вопросы. [Электронный ресурс] режим доступа - <https://journal.sovcombank.ru/biznesu/msp-i-importozameschenie-otveti-rossiiskih-kompanii-na-nashi-voprosi?ysclid=lweo5id0ki29677569> (дата обращения (06.05.2024)).

3. Шустер Л. Ш. Высокотемпературная триботехника в машиностроении / Л. Ш. Шустер, Н. К. Криони // Сборник научных трудов Междунар. науч.-практ. конф. «Триботех – 2003». – М.: 2003. – С. 24-25.
4. Наумов А. Г. Повышение эффективности лезвийной обработки быстрорежущим инструментом при использовании экологически чистых СОТС: дис. ... д-ра техн. наук: 05.03.01, 05.02.01: Московский государственный технологический университет «Станкин» / Александр Геннадьевич Наумов. – М.: МГТУ «Станкин», 1999. – 408 с.
5. Бердичевский Е. Г. Экспериментальное изучение охлаждающих свойств грубодисперсных водо-масляных эмульсий / Е. Г. Бердичевский // Труды V Российской национальной конференции по теплообмену, 25-29 октября 2010 г. /МЭИ. – М.: МЭИ, 2010. – Т. 5. – С. 147-150.
6. Годлевский В. А. О совместном действии трибоактивных компонентов различной химической природы в составе СОТС / В. А. Годлевский, В. В. Марков // Вестник Рыбинской государственной авиационной технологической академии им. П. А. Соловьева. – Рыбинск: 2014. – № 4 (31). – С. 26-30.
7. Кисель А. Г., Ражковский А. А., Попов А. Ю., Реченко Д. С., Шнуров Ю. В. Исследование охлаждающей способности водоэмульсионных смазочно-охлаждающих жидкостей и их влияния на коэффициент трения при токарной обработке стали 45 // Перспективы развития научных исследований в 21 веке: сб. матер. 1-й Междунар. науч.-практ. конф., 31 января, 2013г. / Издательство Перо. М.: 2013. – с. 75–79.
8. Худобин Л. В. Современные СОЖ и их применение при обработке металлических заготовок резанием / Л. В. Худобин, Е. С. Киселев // Справочник. Инженерный журнал. – 2006. – № 56. – (Приложение) 2-24 с.
9. Кисель А. Г. Повышение эффективности токарной обработки нежестких заготовок на основе рационального выбора СОЖ: дис. ... канд. техн. наук: 05.02.07: Омский государственный технический университет / Кисель Антон Геннадьевич. – Омск: ОмГТУ, 2018. – 175 с.
10. Якубов Ф. Я. Экспериментальная оценка эффективности смазывающих технологических сред в периоде приработки металлорежущего инструмента / Ф. Я. Якубов, Ч. Ф. Якубов, В. В. Скакун // Известия ТулГУ. – 2016. – № 8. С. 246-253.
11. Абдулгасис Д. У., Умеров Э. Д., Подзноев Г. П., Абдулгасис У. А. Повышение стойкости режущего инструмента улучшением триботехнологических и эндотермических свойств масляных СОТС // Ученые записки Крымского инженерно-педагогического университета. – 2015. – № 1 (49). – С. 81-85.
12. Сайт производственной фирмы «Олеокам» [Электронный ресурс]. URL: <http://www.oleokam.ru/spravinfo/> (Дата 18.06.2022).
13. Патент РФ № 2777395 МПК G01N 33/30, G01N3/56, G01N 11/00, СПК G01N3/56, G01N11/00, G01N33/30 Способ оценки комплексной эффективности смазочно-охлаждающей жидкости / Абрамов К.А., Шолом А.В., Пилюгин С.М., Головин В.П. и др.; Заявл. 12.07.2021, Оpubл. 03.08.2022, Бюл. №22.
14. Пат. 2699698 Российская Федерация, МПК C21D 11/00 G01N 25/20 Установка для определения охлаждающей способности технологической среды. / А.В. Шолом, А.Б.Поляков, Д.Г.Тюленев и др.; заявитель и патентообладатель ООО ХТЦ УАИ. Заявлено 12.07.2018. Оpubл. 09.09.2019. Бюл. № 25.
15. Пилюгин С.М., Шолом А.В., Абрамов А.Н., Шолом В.Ю., Тюленев Д.Г. Исследование триботехнических свойств водосмешиваемых смазочно-охлаждающих жидкостей в зависимости от их охлаждающих характеристик. // Материалы XIV Международной научно-технической конференции «Трибология – машиностроению» г. Москва, 12-14 октября 2022 г. С. 244-246.

S.M. Pilyugin, A.N.Abramov, S.A.Sarantseva, A.I.Golubkov
HTZ UAI LLC Ufa, Russia, pilyuign@rosoil.ru

METHOD OF COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF WATER-SOLUBLE COOLANTS DURING IMPORT SUBSTITUTION AT STATE MILITARY ENTERPRISES

Abstract

A methodology has been proposed for a comprehensive assessment of the effectiveness of cutting fluids, including tribotechnical, physicochemical and cooling parameters. The results of the implementation of coolant at state military enterprises are presented. The results of work on import substitution of coolants at state military enterprises are shown. The results of comparative tests of imported lubricants in comparison with russian coolants from Rosoil are presented. It has been shown that Rosoil coolants are not inferior to imported analogues in terms of performance characteristics.

Keywords: lubricating and cooling fluids; metalworking; import substitution, criteria for assessing the applicability of coolant.

УДК 678.074:678.01:678.765
doi:10.18720/SPBPU/2/id24-231

Т.Е. Суханова¹, А.В. Румянцева^{1,2}, Е.Н. Ригер¹, Е.О. Котелкова¹, Е.А. Большунова¹,
А.К. Булкина¹, А.Д. Бреки³

¹ФГБУ «Ордена Ленина и ордена Трудового Красного Знамени научно-исследовательский институт синтетического каучука имени академика С.В. Лебедева», Санкт-Петербург, Россия, tat_sukhanova@bk.ru

²ООО «Газпромнефть – Промышленные инновации», Санкт-Петербург, Россия

³Санкт-Петербургский политехнический университет Петра Великого, Санкт-Петербург, Россия

ТРИБОЛОГИЧЕСКИЕ И ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ КОМПОЗИЦИЙ НА ОСНОВЕ ПРОПИЛЕНОКСИДНОГО КАУЧУКА, МОДИФИЦИРОВАННОГО ПОЛЫМИ КОРУНДОВЫМИ МИКРОСФЕРАМИ

Аннотация

В работе исследовано влияние полых корундовых микросфер НСМ-40 на трибологические и физико-механические свойства модифицированных резин на основе морозостойкого пропиленоксидного каучука (СКПО). Показано, что введение микросфер улучшает деформационно-прочностные и трибологические свойства композиций, а также уменьшает изменение массы под воздействием агрессивных сред (повышает маслостойкость), при этом практически не оказывает влияния на морозостойкие свойства. Установлено, что оптимальное содержание микросфер НСМ-40 в резинах на основе СКПО составляет от 0.5 до 1 масс. ч. на 100 масс. ч. каучука.

Ключевые слова: пропиленоксидный каучук, корундовые микросферы, деформационно-прочностные и трибологические свойства, маслостойкость, морозостойкость.

Введение

В настоящее время пропиленоксидный каучук (СКПО) является одним из