

В.Ю. Шолом, А.С. Трофимов, Д.Г. Тюленев, А.М. Казаков  
ООО «Хозрасчётный творческий центр Уфимского авиационного института»,  
г. Уфа, Россия, gosoil@gosoil.ru

## **НОВАЯ ПРОТИВОЗАДИРНАЯ ПРИСАДКА «РОСОЙЛ-ПЗ-5»**

### **Аннотация**

Представлены результаты разработки новой присадки к смазочным материалам «Росойл-ПЗ-5». Приведены физико-химические и трибологические характеристики присадки. Показано, что присадка содержит 45% серы, обладает высокой предельной нагрузочной способностью (9310 Н), низкой зольностью (0,12 %) и кинематической вязкостью 59 мм<sup>2</sup>/с при 50°С. Присадка «Росойл-ПЗ-5» в количестве 5% повышает нагрузку сваривания масла И-20А в 3 раза и превосходит по эффективности шесть присадок российского и зарубежного производства. Установлено, что добавление новой присадки в количестве 3% повышает нагрузку сваривания технологических смазочных материалов на 2-4 ступени и снижает силовые параметры процесса формообразования внутренней резьбы бесстружечным метчиком более чем в 2 раза.

*Ключевые слова:* масла, смазки, технологические смазочные материалы, противозадирные присадки.

### **Введение**

Одним из путей увеличения срока службы узлов трения машин и механизмов является повышение трибологических характеристик применяемых смазочных материалов (СМ) за счёт введения в них противоизносных, антифрикционных и противозадирных присадок [1].

Для повышения эффективности технологических смазочных материалов (ТСМ), применяемых на операциях механической обработки металлов, наибольшее применение получили противозадирные присадки. Улучшение противозадирных свойств повышает способность ТСМ предотвращать налипание металла заготовки на инструмент и их сваривание. Противозадирные присадки, содержащие серу могут сохранять свою работоспособность до температуры 815°С [2].

Наиболее показательной из трибологических характеристик, по которой можно косвенно оценить предельную работоспособность масел, смазок и ТСМ, является нагрузка сваривания, определяемая по ГОСТ 9490-75.

Присадки, повышающие нагрузку сваривания смазочных материалов выпускаются в России и за рубежом, однако ассортимент противозадирных присадок небольшой, а их эффективность не всегда отвечает современным требованиям.

Известные отечественные присадки ТОС (ТУ 38. 401860-91), ИХП-14М (ТУ 38.401-58-59-93) и ВИГОС (ТУ 38.4011058-97) представляют собой разные осернённые или сульфированные продукты с содержанием серы 21, 30 и 40 % соответственно и предназначены для улучшения противозадирных свойств трансмиссионных и промышленных масел различного назначения [1,3]. В настоящее время этих присадок на российском рынке нет.

До 2022 года многие российские производители СМ использовали импортные присадки и пакеты присадок Lubrizol Corporation (USA), Infineum International (England), Chevron Oronite (USA), Afton Chemical (USA), Rhein Chemie Additives (Germany) и др. Сегодня российские заводы по производству смазочных материалов перешли на присадки компаний Richful и KangTai (China) и др. [4].

Поэтому разработка новых российских высокоэффективных противозадирных присадок из отечественных компонентов является актуальной задачей.

### **Материалы и методы**

Эффективность присадок оценивали по предельной нагрузочной способности масляных растворов. Для этого в индустриальное масло И-20А по ГОСТ 20799-2022 добавляли разные присадки в количестве 5%. Нагрузку сваривания определяли по ГОСТ 9490-75 на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1.

Кинематическую вязкость, температуру вспышки в открытом тигле, зольность и массовую долю серы присадки «Росойл-ПЗ-5» определяли по стандартным методам.

Присадку «Росойл-ПЗ-5» сравнивали с шестью российскими и зарубежными присадками и пакетами присадок:

- противозадирная присадка Additin RC 2541 содержит 40 % серы и применяется при изготовлении ТСМ для обработки металлов давлением и резанием, а также пластичных смазок [5];

- многофункциональная присадка Anglamol-99 используется при изготовлении трансмиссионных масел, гидравлических жидкостей, технологических масел и смазок, содержит 32% серы, 1,7% фосфора и 0,05% азота [6];

- пакет присадок Т-43 применяют для производства трансмиссионных и редукторных масел, масел для раздаточных коробок, главных передач и ведущих мостов, содержит не менее 18 % серы и не менее 1,8 % фосфора [7];

- присадка ВСП-40 представляет собой полисульфидированный олефин, содержит не менее 39% серы, используется в качестве присадки к смазочным материалам [8-10];

- присадка СОЕ с массовым содержанием серы 30% предназначена для изготовления технологических смазок, а также для изготовления трансмиссионных масел [11];

- присадка ИХП-14М предназначена для повышения противозадирных свойств трансмиссионных масел. Содержит 27-31 % серы и 6,6-6,9% азота [1,12].

Эффективность присадки «Росойл-ПЗ-5» в качестве добавки к ТСМ определяли исследовательским методом, моделирующим производственный процесс формообразования внутренней резьбы четырехгранным бесстружечным метчиком, по максимальному значению крутящего момента ( $M_{кр}$ ). Формирование резьбы осуществляли метчиками  $M12 \times 1,25$  из стали Р6М5 в заготовках гаек из стали 20 высотой 8,5 мм, при скорости близкой к используемой на промышленных предприятиях 18-20 м/мин (500 об/мин) [13].

Для испытаний присадку «Росойл-ПЗ-5» добавляли в технологические смазки бренда «Росойл», предназначенные для использования на различных операциях механической обработки сталей и сплавов [14,15].

## Результаты и обсуждение

Новая противозадирная присадка «Росойл-ПЗ-5» обладает высокой предельной нагрузочной способностью, малой зольностью и кинематической вязкостью на уровне редукторного масла И-Т-Д 68. Из всех исследованных присадок она содержит наибольшее количество серы - 45%.

Физико-химические показатели присадки «Росойл-ПЗ-5» представлены в табл.1.

Таблица 1 - Физико-химические показатели присадки «Росойл-ПЗ-5»

| № п/п | Наименование показателя                              | Фактическое значение | Метод испытания |
|-------|--|----------------------|-----------------|
| 1     | Кинематическая вязкость при 50°С, мм <sup>2</sup> /с | 59                   | ГОСТ 33         |
| 2     | Температура вспышки в открытом тигле, °С             | 188                  | ГОСТ 4333       |
| 3     | Нагрузка сваривания, кгс (Н)                         | 950 (9310)           | ГОСТ 9490       |
| 4     | Диаметр пятна износа при нагрузке 196 Н за 1 час, мм | 1,00                 | ГОСТ 9490       |
| 5     | Зольность, %   | 0,12                 | ГОСТ 1461       |
| 6     | Массовая доля серы, %                                | 45                   | ГОСТ 1431       |

Предельную нагрузочную способность масляных растворов, содержащих 5% присадок определяли по нагрузке сваривания. Результаты испытаний новой противозадирной присадки «Росойл-ПЗ-5» в сравнении с российскими и зарубежными присадками представлены в табл. 2. Для сравнения в таблице приведены данные нагрузки сваривания индустриального масла И-20А без добавления присадок.

Таблица 2 – Нагрузка сваривания 5%-ных растворов присадок в масле И-20А

| № п/п | Состав                       | Нагрузка сваривания, P <sub>c</sub> , кгс (Н) |
|-------|------------------------------|---|
| 1     | Масло И-20А + 5% Росойл-ПЗ-5 | 422 (4136)                                    |
| 2     | Масло И-20А + 5% ВСП-40      | 400 (3920)                                    |
| 3     | Масло И-20А + 5% RC 254I     | 400 (3920)                                    |
| 4     | Масло И-20А + 5% Т-43        | 355 (3479)                                    |
| 5     | Масло И-20А + 5% Anglamol-99 | 355 (3479)                                    |
| 6     | Масло И-20А + 5% СОЕ         | 315 (3087)                                    |
| 7     | Масло И-20А + 5% ИХП-14М     | 299 (2930)                                    |
| 8     | Масло И-20А без присадок     | 141 (1382)                                    |

Испытания показали, что новая присадка «Росойл-ПЗ-5» в количестве 5% повышает нагрузку сваривания масла И-20А в 3 раза и по эффективности превосходит все исследованные аналоги.

Результаты испытаний присадки «Росойл-ПЗ-5» в качестве добавки повышающей эффективность ТСМ на операции формообразования внутренней резьбы бесстружечным метчиком (нагрузка сваривания и крутящий момент) представлены в табл. 3.

Таблица 3 – Нагрузка сваривания и крутящий момент ТСМ с присадкой «Росойл-ПЗ-5»

| № п/п | Состав                       | Нагрузка сваривания, кгс (Н) | Крутящий момент при 500 об/мин, Н·м |
|-------|------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 1     | Росойл-МР-7                  | 400 (3920)                   | 16                                  |
|       | Росойл-МР-7 + 3% Росойл-ПЗ-5 | 473 (4635)                   | 7,2                                 |
| 2     | Росойл-503                   | 376 (3685)                   | 18                                  |
|       | Росойл-503 + 3% Росойл-ПЗ-5  | 422 (4136)                   | 7,7                                 |

| № п/п | Состав                         | Нагрузка сваривания, кгс (Н) | Крутящий момент при 500 об/мин, Н·м |
|-------|--------------------------------|------------------------------|-------------------------------------|
| 3     | Росойл-101(А)                  | 531 (5201)                   | 19,7                                |
|       | Росойл-101(А) + 3% Росойл-ПЗ-5 | 668 (6546)                   | 9,6                                 |

В результате испытаний установлено, что добавление присадки «Росойл-ПЗ-5» в количестве 3% повышает на 2-4 ступени нагрузку сваривания ТСМ «Росойл» и снижает силовые параметры процесса формообразования резьбы четырёхгранным бесстружечным метчиком более чем в 2 раза.

### Заключение

Благодаря высокой нагрузке сваривания и низкой зольности новая присадка «Росойл-ПЗ-5» может применяться для улучшения противозадирных свойств технологических смазочных материалов, применяемых на операциях механической обработки сталей и сплавов, а также масел и смазок различного назначения, в том числе тех, к которым предъявляются требования по низкой зольности.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Борщевский, С.Б. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: справочник / И. Г. Анисимов, К.М. Бадыштова, С.А. Бнатов [и др.]; под ред. В. М. Школьников. 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Техинформ, 1999. – С. 454-456.
2. Берлинер, Э.М. Смазочно-охлаждающие технологические средства для обработки металлов резанием: справочник/ Под общей ред. С.Г. Энтелеса, Э.М. Берлинера. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 1995. – С 23-50.
3. Золотов, В.А. Присадки (добавки) к смазочным материалам. / Трибология. Состояние и перспективы: сборник научных трудов. В 4-х томах. Главные редакторы И.Г. Горячева и М.А. Броневец. Т.2. Смазка и смазочные материалы. под ред. С.М. Захарова и И.Я. Буяновского – Уфа: РИК УГАТУ, 2019. - С. 378-389.
4. Корнилова, О.П. Разработка беззольных противозадирных присадок / О.П. Корнилова, В.Ю. Шолом, Д.Г. Тюленев [и др.] // Транспортное машиностроение. – 2023. – № 12(24). – С. 36-41.
5. Компания LANXESS [сайт]. URL:<https://lanxess.com> (дата обращения 18.04.2024).
6. Гурев, А.А. Химмотология. / А.А. Гурев, И.Г. Фукс, В.Л. Лахши. - Москва: Химия, 1986. -С. 259.
7. НПП «КВАЛИТЕТ» [сайт]. URL:<https://www.npp-qualitet.ru> (дата обращения 18.04.2024).
8. Патент № 2225880 Российская Федерация, МПК С10М 161/00, С10М 129/76, С10М 135/04. Редукторное масло: № 2002127133/04: заявл. 10.10.2002: опубл. 20.03.2004 / Н. И. Григорьева, Т. В. Тюрина, И. А. Гаврилова [и др.]; заявитель ОАО «Средневолжский научно-исследовательский институт по нефтепереработке».
9. Сумарокова, В. В. Разработка и исследование полужидких смазок для тяжело нагруженных узлов трения: специальность 05.17.07 "Химическая технология топлива и высокоэнергетических веществ": диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук / Сумарокова Вероника Валерьевна. – Москва, 2006. – 108 с.
10. Патент № 2604202 Российская Федерация, МПК С10М 177/00, С10М 125/00. Способ получения смазочной композиции: № 2015157398/04: заявл. 31.12.2015: опубл. 10.12.2016 / Б. Р. Киселев, Н. И. Замятина, М. Ю. Колобов [и др.]; заявитель ФГБОУВО «Ивановский государственный химико-технологический университет».
11. Первый машиностроительный портал. Информационно-поисковая система. URL:<http://www.ibm.ru/catalog/info/25044> (дата обращения 18.04.2024).
12. Патент № 2167859 Российская Федерация, МПК С07С 333/20, С10М 135/18.

Противозадирная присадка к смазочным маслам: № 99119877/04: заявл. 16.09.1999: опубл. 27.05.2001 / Г. Г. Кашбиев, Е. А. Наумова, В. П. Бруева [и др.]; заявитель ООО «Бератон».

13. Шолом, В.Ю. Влияние смазочно-охлаждающих технологических средств на повышение производительности при формировании внутренней резьбы бесстружечным метчиком / В. Ю. Шолом, А. М. Казаков, Ю. А. Лавриненко, В. С. Жернаков // Кузнечно-штамповочное производство. – 1999. – № 5. – С. 15-19.

14. Технопарк «ХТЦ УАИ-РОСОЙЛ». Каталог продукции [сайт]. URL:<http://rosoil.ru> (дата обращения 18.04.2024).

15. Шолом, В.Ю. Смазочные материалы серии «Росойл» / В.Ю. Шолом В.Ю., И.Б. Белов, А.Н. Абрамов. // XII Всероссийский съезд по фундаментальным проблемам теоретической и прикладной механики: сборник трудов в 4-х томах. – Уфа: Изд-во БашГУ, 2019. – С. 437-439.

16. Крюков, С.А. Технические и технологические смазочные и охлаждающие средства. [Электронный ресурс]: учебное пособие / С.А. Крюков, В.М. Шумячер, Н.В. Байдакова, В.А. Граблин; Министерство науки и высшего образования Российской Федерации, ВПИ (филиал) ФГБОУ ВО ВолгГТУ. – Электрон. текстовые дан. (1 файл: 835 КБ). – Волжский, 2021. – Режим доступа: <http://lib.volpi.ru>. – Загл. с титул. экрана.

V.Yu. Sholom<sup>1</sup>, A.S. Trofimov<sup>1</sup>, D.G. Tyulenev<sup>1</sup>, A.M. Kazakov<sup>1</sup>.  
<sup>1</sup>LLC “Self-supporting creative center of the Ufa Aviation Institute”,  
Ufa, Russia, [rosoil@rosoil.ru](mailto:rosoil@rosoil.ru)

## NEW EXTREME PRESSURE ADDITIVE "ROSOIL-PZ-5"

### Abstract

The results of the development of a new additive for lubricants Rosoil-PZ-5 are presented. The physicochemical and tribological characteristics of the additive are given. It is shown that the additive contains 45% sulfur, has a high ultimate load capacity (9310 N), low ash content (0.12%) and a kinematic viscosity of 59 mm<sup>2</sup>/s at 50°C. The Rosoil-PZ-5 additive in an amount of 5% increases the welding load of I-20A oil by 3 times and is more effective than six additives of Russian and foreign production. It has been established that adding a new additive in an amount of 3% increases the welding load of technological lubricants by 2-4 steps and reduces the power parameters of the process of forming internal threads with a chipless tap by more than 2 times.

*Key words:* oils, lubricants, process lubricants, extreme pressure additives.

УДК 67.017

doi:10.18720/SPBPU/2/id24-237

П.О. Русинов, Г.В. Курапов, А.А. Русинова, М.Д. Семадени, В.Н. Елисеев  
<sup>1</sup>Кубанский государственный технологический университет,  
Краснодар, Россия, [ruspiter5@mail.ru](mailto:ruspiter5@mail.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЕ ТРИБОТЕХНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИБРИДНЫХ КОМПОЗИТОВ

### Аннотация

Вопросы повышения долговечности, надежности, расширения функциональных возможностей изделий, работающих в условиях температурных, силовых, деформационных воздействий могут быть решены разработкой и