

Взаимодействие противозадирной и анткоррозионной присадок в базовых маслах

В.Ю. Шолом^{1*}, Д.Г. Тюленев¹, Т.И. Гильманов², К.А. Абрамов²

¹ООО «Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института», г. Уфа, Россия

²ФГБОУ ВО «Уфимский университет науки и технологий», г. Уфа, Россия

Аннотация. В работе рассмотрены результаты триботехнических испытаний противозадирной присадки «Росойл-ПЗ-5» и анткоррозионной присадки «Росойл-Акор» в различных базовых маслах – минеральных, синтетических и изопарафиновых. Противозадирные и противоизносные свойства масел И-12А, ПАОМ-2 и HVI-2 с различным содержанием присадок «Росойл-Акор» и «Росойл-ПЗ-5» определяли по ГОСТ 9490 на четырехшариковой машине трения. В результате испытаний установлено, что эффективность данных присадок остается постоянной во всех выбранных основах. При совместном введении присадок наблюдается синергический эффект. В частности, в определенном диапазоне концентраций возрастают не только противозадирные, но и противоизносные свойства композиции базового масла с присадками, чего не наблюдалось при отдельном введении присадок.

Ключевые слова: присадка, синергизм, базовое масло, нагрузка сваривания, диаметр пятна износа.

*rosoil@rosiol.ru

Введение

В современных сложных системах, будь то моторные масла или технологические смазочные материалы, достижение максимальной эффективности часто требует комбинации нескольких функциональных присадок. Однако конечный результат их взаимодействия далеко не всегда является простой арифметической суммой отдельных свойств. Когда две присадки демонстрируют эффект, превосходящий сумму их индивидуальных вкладов, мы говорим о возникновении синергетического эффекта. Это явление, основанное на взаимном усилении механизмов действия, представляет собой ключевой принцип создания высокоэффективных пакетов присадок, позволяющий решать задачи, недостижимые для отдельных компонентов.

На сегодняшний день при производстве смазочных материалов в качестве базовых основ наиболее широко используются минеральные, синтетические и изопарафиновые масла.

Индустримальные масла представляют собой очищенные дистиллятные и остаточные масла и их смеси [1–3]. Относятся к самой широкой категории масел. Они относительно дешевы, обладают удовлетворительной несущей способностью, совместимы с уплотнительными материалами и обладают умеренной растворяющей способностью. К недостаткам относят: низкий индекс вязкости, склонность к термическому и окислительному разложению, неудовлетворительные реологические свойства при низких температурах и высокую испаряемость при высоких температурах.

Синтетические масла – это однородные химические соединения (эфиры или полиальфаолефины), полученные в процессе химических реакций. Обладают низкой температурой застывания, высокой стойкостью к окислению, высоким индексом вязкости и хорошей смазочной способностью. К недостаткам синтетических масел относятся их дороговизна и ограниченная совместимость с резинотехническими изделиями [1].

Изопарафиновые масла – это базовые масла, в состав которых входят изопарафины – парафины с молекулами разветвленного строения. Их получают путем сложного химического синтеза, чаще всего методом гидрокрекинга или каталитического синтеза. Отмечается хорошая совместимость с эластомерами, высокий индекс вязкости, высокая химическая и термическая стабильность, низкая летучесть. Существенный недостаток – дороговизна получаемого масла.

Эти масла и их смеси сегодня широко используются в качестве базовой основы при изготовлении моторных масел, смазок и других смазочных материалов. Однако известно, что

противозадирные присадки, которые эффективно выполняют свою основную функцию (повышение противозадирных свойств смазочных материалов в минеральных маслах), теряют свою эффективность при введении в синтетические и полусинтетические базовые основы. [4–8]

Целью настоящей работы явилось исследование противозадирных и противоизносных свойств присадок «Росойл-ПЗ-5» и «Росойл-Акор» разной концентрации в различных базовых маслах, а также их смеси в индустриальном масле И-12А.

Материалы и методы исследования

Противозадирная присадка «Росойл-ПЗ-5» (ТУ 20.59.42-214-06377289-2025) [9] предназначена для повышения противозадирных свойств смазочных материалов и представляет собой высокоактивный носитель серы, хорошо растворимый в большинстве типов базовых масел. Присадка «Росойл-ПЗ-5» является беззольной присадкой с высокими противозадирными свойствами.

Присадка «Росойл-Акор» (ТУ 20.59.42-189-06377289-2023) [10] предназначена для улучшения защитных (консервационных) свойств смазочных масел различного назначения и топлив, а также применяемую в качестве консервационного материала.

На первом этапе были проведены исследования приемистости противозадирной присадки «Росойл-ПЗ-5» и антакоррозионной присадки «Росойл-Акор» и их эффективности в различных базовых основах. После этого были проведены экспериментальные исследования по взаимному влиянию на трибологические характеристики противозадирной и антакоррозионной присадок в различных базовых маслах.

Противозадирные и противоизносные свойства масел И-12А, ПАОМ-2 и HVI-2 с различным содержанием присадок «Росойл-Акор» и «Росойл-ПЗ-5» определяли по ГОСТ 9490 на четырехшариковой машине трения.

В Табл.1 показаны технические характеристики масел, использованных в работе.

Таблица 1. Основные физико-химические свойства базовых масел.

№	Название базового масла	Вязкость при 50 °C, мм ² /с	Плотность при 20 °C, кг/м ³	Температура вспышки в открытом тигле, °C не ниже
1	И-12А	11,71	835	170
2	HVI-2	6,78	826	170
3	ПАОМ-2	5,57	802	160

Результаты и их обсуждение

Были приготовлены образцы базовых масел с концентрациями присадки «Росойл-ПЗ-5» 0,5, 5 и 10% соответственно. Присадка хорошо растворяется во всех базовых основах в любых концентрациях, при хранении, в том числе при низких температурах, ведет себя стабильно, в осадок не выпадает.

Трибологические характеристики, такие как нагрузка сваривания и диаметр пятна износа при времени испытания 1 час и нагрузке 20 кгс, приведены в Табл. 2.

Таблица 2. Противозадирные и противоизносные характеристики различных базовых масел с добавлением присадки «Росойл ПЗ-5».

Трибологические характеристики	Базовое масло +присадка «Росойл-ПЗ-5», %											
	И-12А				ПАОМ-2				HVI-2			
	Без присадки	0,5%	5%	10%	Без присадки	0,5%	5%	10%	Без присадки	0,5%	5%	10%
Рс, кгс	126	224	400	422	126	211	400	422	126	200	355	400
Ди(20кгс;1ч), мм	0,65	0,48	1,00	1,20	0,74	0,62	0,96	1,34	0,79	0,66	1,06	1,42

Табличные данные представлены в виде графических зависимостей на Рис. 1 и Рис. 2.

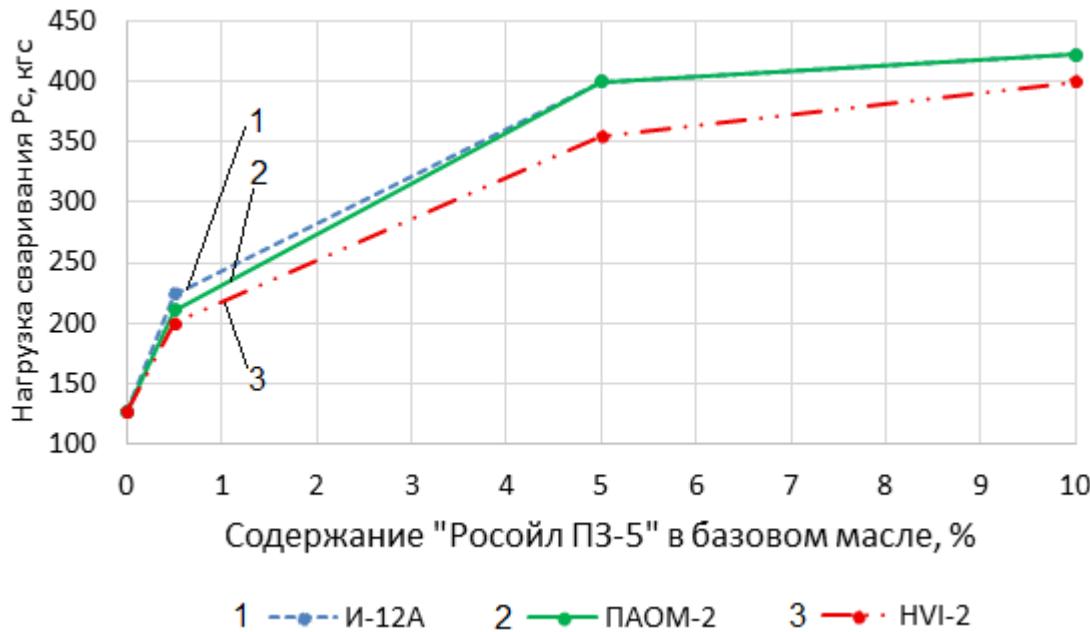


Рисунок 1. Зависимость нагрузки сваривания от содержания присадки «Росойл- ПЗ-5» в базовых маслах.

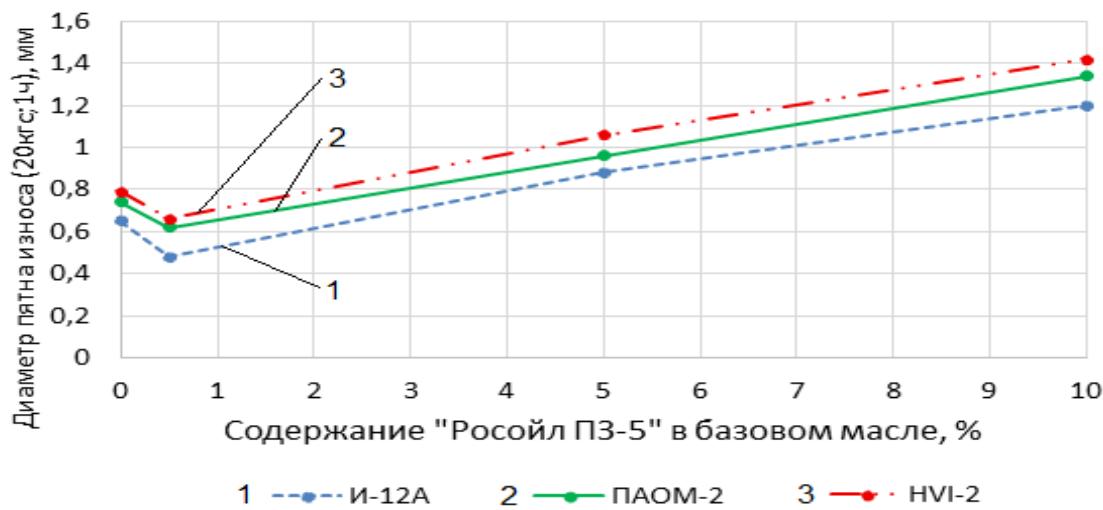


Рисунок 2. Зависимость диаметра пятна износа при нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час от содержания присадки «Росойл ПЗ-5» в базовых маслах.

В результате испытаний выявлено, что противозадирная присадка «Росойл-ПЗ-5» повышает нагрузку сваривания во всех исследуемых базовых основах. Увеличение концентрации присадки приводит к повышению противозадирных свойств всех рассматриваемых масел. Добавление 5% присадки «Росойл-ПЗ-5» в базовые масла И-12А, ПАОМ-2 и HVI-2 позволило увеличить нагрузку сваривания в 3,17 раз для И-12А и ПАОМ-2, и в 2,81 раз соответственно для HVI-2.

При малых концентрациях присадки «Росойл ПЗ-5» (до 1%) повышаются противоизносные свойства композиции базовых основ и противозадирной присадки. Однако при дальнейшем повышении концентрации присадки, противоизносные свойства композиции ухудшаются и становятся ниже, чем у базовых масел.

Присадка «Росойл-Акор» хорошо растворяется во всех базовых основах в любых концентрациях, при хранении, в том числе при низких температурах, ведет себя стабильно, в осадок не выпадает. Присадка широко используется при изготовлении консервационных и рабоче-консервационных (с повышенными противоизносными свойствами) масел и смазок.

Противозадирные и противоизносные свойства масла, при введении присадки «Росойл-Акор», увеличиваются незначительно. Рис. 3-4.

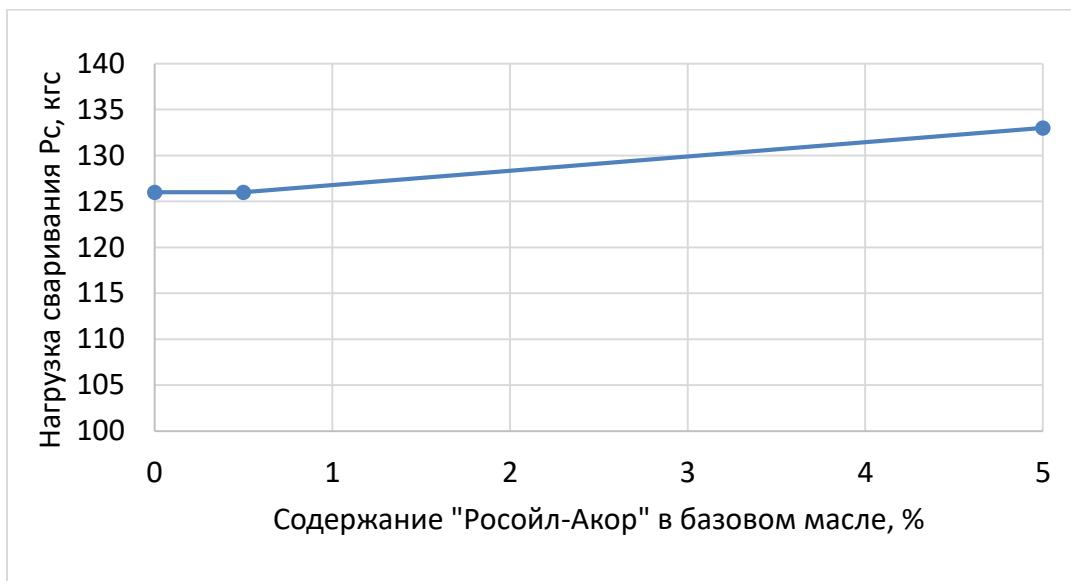


Рисунок 3. Зависимость нагрузки сваривания от содержания присадки «Росойл-Акор» в масле И-12А.

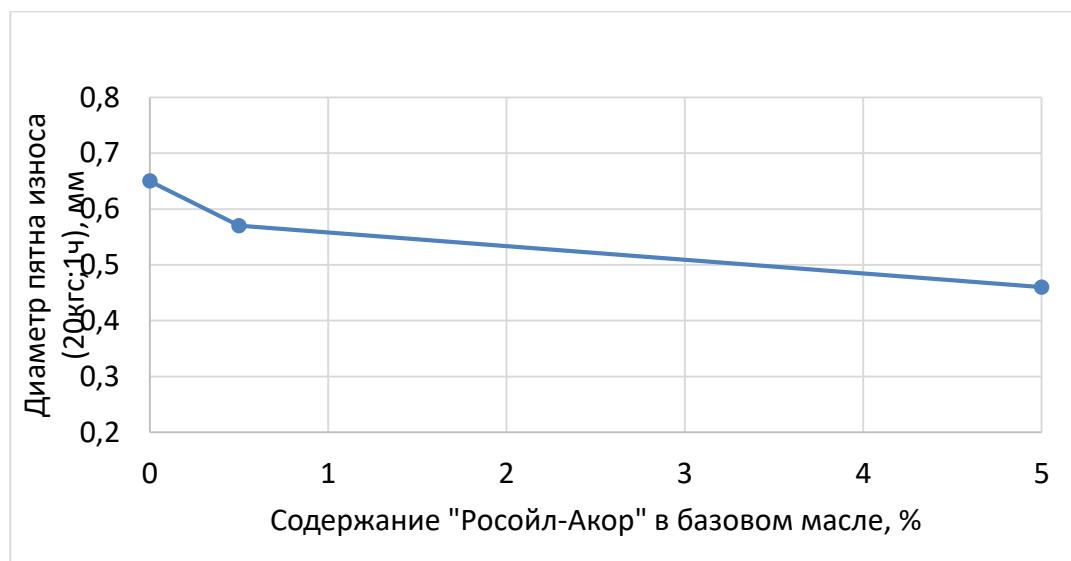


Рисунок 4. Зависимость диаметра пятна износа при нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час от содержания присадки «Росойл-Акор» в масле И-12А.

Для определения взаимного влияния присадок различного функционального назначения были подготовлены пять образцов:

1. 90% И-12А (базовое индустриальное масло) + 10% «Росойл-Акор».
2. 90% И-12А (базовое индустриальное масло) + 8% «Росойл-Акор» + 2% «Росойл-ПЗ-5».
3. 90% И-12А (базовое индустриальное масло) + 5% «Росойл-Акор» + 5% «Росойл-ПЗ-5».
4. 90% И-12А (базовое индустриальное масло) + 2% «Росойл-Акор» + 8% «Росойл-ПЗ-5».
5. 90% И-12А (базовое индустриальное масло) + 10% «Росойл-ПЗ-5».

Противозадирные и противоизносные свойства исследуемых образцов представлены на Рис. 5–6.

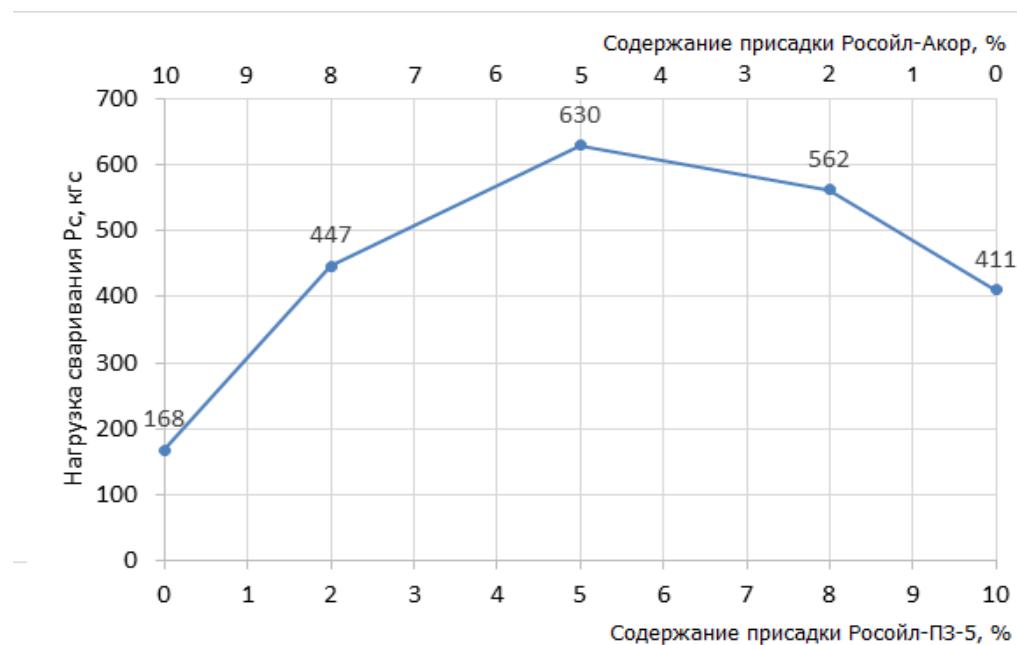


Рисунок 5. График зависимости нагрузки сваривания от содержания присадок «Росойл-Акор» и «Росойл-ПЗ-5» в индустриальном масле И-12А.



Рисунок 6. График зависимости диаметра пятна износа при нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час от содержания присадок «Росойл-Акор» и «Росойл-ПЗ-5» в индустриальном масле И-12А.

Из представленных на Рис. 5 результатов испытаний выявлено, что смесь двух присадок, антикоррозионной присадки «Росойл-Акор» и противозадирной присадки «Росойл-ПЗ-5» в одинаковой концентрации, дает синергетический эффект, который увеличивает нагрузку сваривания испытуемого масла на 49,3% по сравнению с образцом, содержащего только противозадирную присадку «Росойл-ПЗ-5».

Результаты испытаний противоизносных свойств, представленные на Рис. 6, показывают, что смесь двух присадок (5% +5%), позволила уменьшить диаметр пятна износа при

нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час в 3,24 раза по сравнению с образцом, содержащим только 10% «Росойл-ПЗ-5».

Далее были проведены исследования влияния содержания присадки «Росойл-Акор» с «Росойл-ПЗ-5» (1:1) в И-12А. Противозадирные и противоизносные свойства представлены на Рис. 7–8.

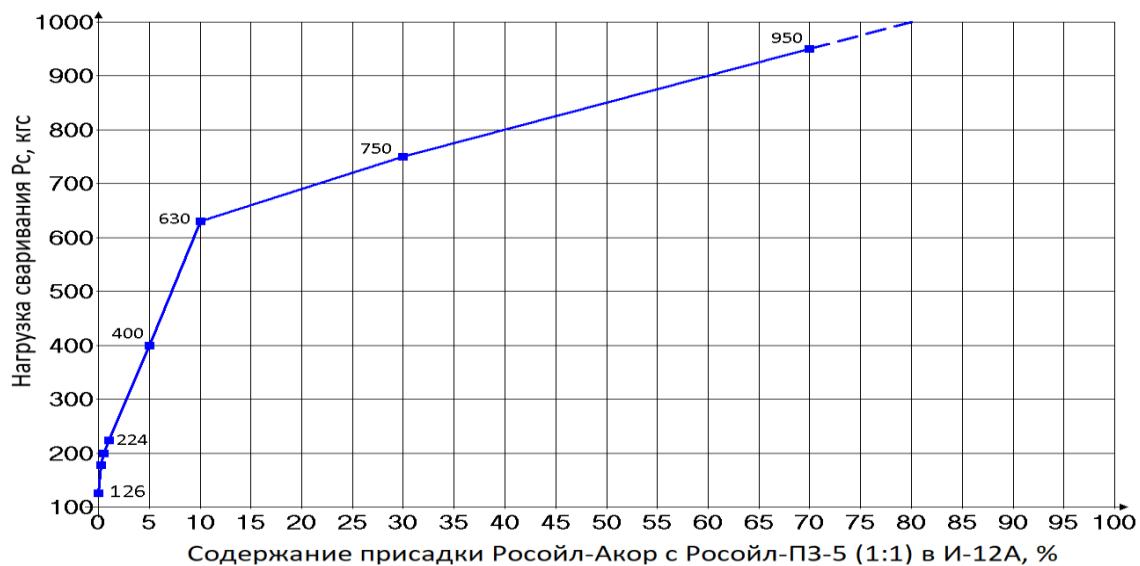


Рисунок 7. График зависимости нагрузки сваривания от содержания присадки «Росойл-Акор» с «Росойл-ПЗ-5» (1:1) в индустриальном масле И-12А.

Одновременное добавление двух присадок позволило поднять нагрузку сваривания при концентрации выше 80% до величины, превышающей 1000 кгс (предела измерения четырехшариковой машины трения).

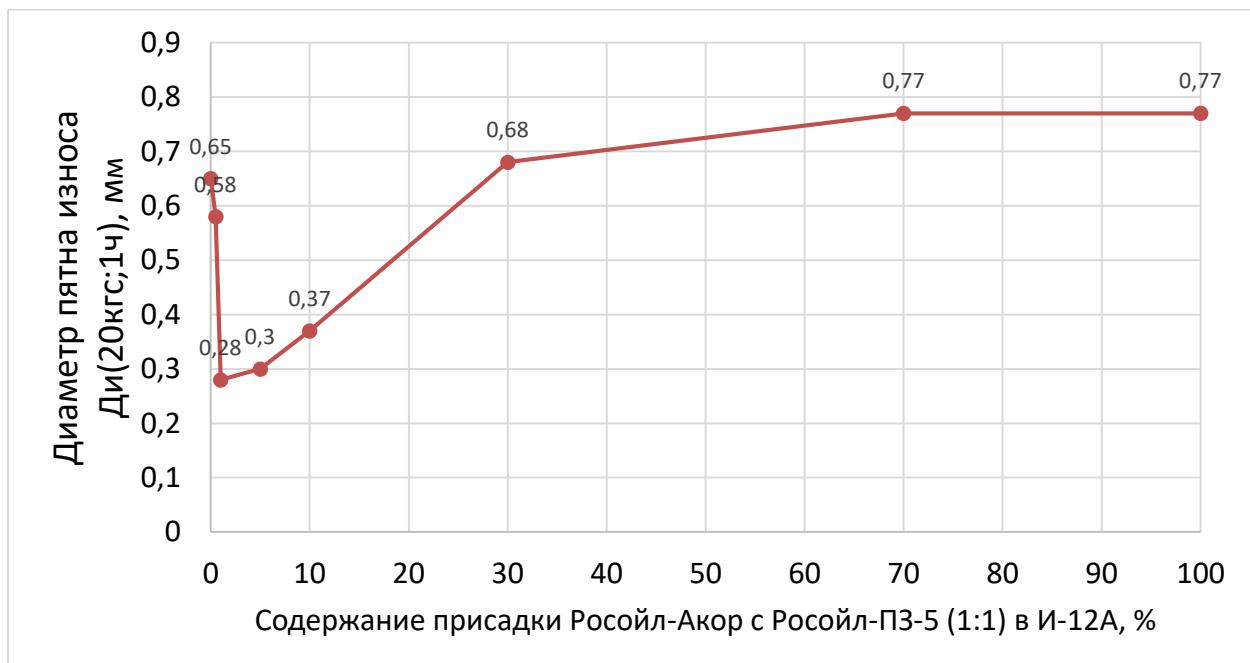


Рисунок 8. График зависимости диаметра пятна износа при нагрузке 20 кгс и времени испытания 1 час от содержания присадки «Росойл-Акор» с «Росойл-ПЗ-5» (1:1) в индустриальном масле И-12А.

Заключение

В результате проведенных лабораторных испытаний установлено:

1. Противозадирная присадка «Росойл-ПЗ-5» и антисорбционная присадка «Росойл-Акор» хорошо растворяются в любых концентрациях и сохраняют эффективность по своему функциональному назначению в минеральных, синтетических и изопарафиновых базовых основах.

2. Смесь антисорбционной присадки «Росойл-Акор» и противозадирной присадки «Росойл-ПЗ-5» в соотношении 1:1 создает синергетический эффект в повышении нагрузки сваривания и снижении пятна износа (согласно результатам измерений на четырехшариковой машине трения ЧМТ-1), что приводит к существенному повышению противозадирных и противоизносных свойств смазочных материалов при их совместном использовании.

Литература:

1. Топлива, смазочные материалы, технические жидкости. Ассортимент и применение: Справочник. Под ред. В.М. Школьникова. Изд. 2-е перераб. и доп. М.: Издательский центр «Техинформ», 1999. 596 с. [Fuels, lubricants, technical fluids. Range and application: Handbook. 2nd ed., rev. and enl. / Ed. by V.M. Shkolnikov. Moscow: Tekhinform Publishing Center, 1999. 596 p. (in Russian)].
2. Современная трибология. Итоги и перспективы / Отв. редактор К.В.Фролов. М.: Изд-во ЛКИ, 2008. 480 с. [Modern tribology. Results and prospects / Ed. by K.V. Frolov. Moscow: LKI Publishing House, 2008. 480 p. (in Russian)].
3. Волков А. А., Карелина М. Ю., Зиятдинов Э. А. Совершенствование трибологических свойств смазок на основе трансмиссионного масла. В сб.: Инновационные направления развития технологий и технических средств механизации сельского хозяйства: материалы междунар. научно-практической конф., 25 декабря 2015 г. Часть II. С. 115–119. Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2015. [Volkov A. A., Karelina M. Yu., Ziyatdinov E. A. Improving the tribological properties of lubricants based on transmission oil. In: Innovative directions in the development of technologies and technical means of agricultural mechanization: Proceedings of International Scientific and Practical Conference, December 25, 2015. Part 2. P. 115–119. Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2015].
4. Забиров Ф. Ш. Основы трибологии нефтегазового оборудования: учебное пособие. Уфа: УГНТУ, 2018. 180 с. / Лань: электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс] URL: <https://e.lanbook.com/book/166887> (дата обращения: 20.10.2025. Режим доступа: для авториз. пользователей). [Zabirov F. Sh. Fundamentals of tribology of oil and gas equipment: Textbook. Ufa: Ufa State Petroleum Technical University, 2018. 180 p. / Lan: Electronic Library System. [Webpage] URL: <https://e.lanbook.com/book/166887> (accessed: 10/20/2025. Access mode: for authorized users) (in Russian)]. ISBN 978-5-7831-1746-6.
5. Золотов В.А. Присадки (добавки) к смазочным материалам. Трибология. Состояние и перспективы: сборник научных трудов. В 4-х томах / гл. ред. И.Г. Горячева и М.А. Броновец. Т.2. Смазка и смазочные материалы. Под ред. С.М. Захарова и И.Я. Буяновского. Уфа: РИК УГАТУ, 2019. С. 378–389. [Zolotov V.A. Additives to lubricants. Tribology. Status and prospects: Collection of scientific papers. In 4 volumes / Eds. I.G. Goryacheva, M.A. Bronovets. Vol. 2. Lubrication and lubricants. Ed. by S.M. Zakharov and I.Ya. Buyanovsky. Ufa: Publishing Center of Ufa State Aviation Technical University, 2019. P. 378–389.]
6. Захаров Е. А., Полуэктов М. В., Сарбаев Д. С. Эксплуатационные материалы: учебное пособие. Волгоград: ВолГГТУ, 2023. 144 с. / Лань: электронно-библиотечная система. [Электронный ресурс] URL: <https://e.lanbook.com/book/486761> (дата обращения: 21.10.2025). Режим доступа: для авториз. пользователей. [Zakharov E. A., Poluektov M. V., Sarbaev D. S. Operational materials: textbook. Volgograd: Volgograd, 2023. 144 p. / Lan: Electronic Library System. [Webpage] URL: <https://e.lanbook.com/book/486761> (accessed: 10/21/2025. Access mode: for authorized users) (in Russian)].
7. Якунина К.А. Механизм действия и повышение эффективности маслорастворимых противоизносных присадок: автореф. дисс. ... канд. технич. наук. Челябинск, 2022 г. 18 с. [Yakunina K.A.

- Mechanism of action and increasing the efficiency of oil-soluble anti-wear additives: Abstract of PhD thesis. Chelyabinsk, 2022, 18 p. (in Russian)].
8. Гурев А.А., Фукс И.Г., Лахши В.Л. Химмотология. М.: Химия, 1986. 259 с. [Gurev A.A., Fuks I.G., Lakhshi V.L. Chemmotology. M.: Khimiya, 1986. 259 p. (in Russian)].
 9. Шолом В. Ю., Казаков А. М., Тюленев Д. Г., Морозова О. С., Пшеничная М А. Разработка беззольных противозадирных присадок // Транспортное машиностроение. 2023. № 12. С. 82–89. [Sholom V. Yu., Kazakov A. M., Tyulenev D. G., Morozova O. S., Pshenichnaya M. A. Development of ashless extreme pressure additives // Transport Engineering. 2023. No. 12. pp. 82–89 (in Russian)].
 10. Корнилова О.П, Шолом В.Ю., Тюленев Д.Г., Крамер О.Л., Трофимов А.С. Новая противокоррозионная присадка «Росойл-Акор» // Транспортное машиностроение. 2023. № 12. С. 36–41. [Kornilova O.P., Sholom V.Yu., Tyulenev D.G., Kramer O.L., Trofimov A.S. New anti-corrosion additive “Rosoil-Akor” // Transport Engineering. 2023. No. 12. pp. 36–41 (in Russian)].

Об авторах:

ШОЛОМ Владимир Юрьевич, д.т.н., доцент, генеральный директор, АО «ХТЦ УАИ», 122, ул. Набережная, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450057, Россия, rosoil@rosoil.ru.

ТЮЛЕНЕВ Денис Генрихович, заведующий трибологической лаборатории, АО «ХТЦ УАИ», 122, ул. Набережная, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450057, Россия, zavlab@rosoil.ru.

ГИЛЬМАНОВ Тимур Илдарович, аспирант кафедры МиФМ, Уфимский университет науки и технологий, 32, ул. Заки Валиди, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450076, Россия, 110926@stud.uust.ru.

АБРАМОВ Кирилл Алексеевич, аспирант кафедры АТП, Уфимский университет науки и технологий, 32, ул. Заки Валиди, г. Уфа, Республика Башкортостан, 450076, Россия, rosoil@rosoil.ru.

Metadata:

Title: Interaction of anti-wear and anti-corrosion additives in base oils.

Author 1: Vladimir Yurievich Sholom, Doctor of Technical Sciences, Docent, General Director, JSC “Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute”, 122 Naberezhnaya st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450057, Russia, rosoil@rosoil.ru.

Author 2: Denis Genrikhovich Tyulenev, Head of the Tribological Laboratory, JSC “Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute”, 122 Naberezhnaya st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450057, Russia, zavlab@rosoil.ru.

Author 3: Timur Ildarovich Gilmanov, Postgraduate Student of the Department of MiFM, Ufa University of Science and Technology, 32, Zaki Validi st., Ufa, Republic of Bashkortostan, 450076, Russia, 110926@stud.uust.ru.

Author 4: Kirill Alekseevich Abramov, Postgraduate Student of the Department of Automobile Transport, Ufa University of Science and Technology, 32, Zaki Validi Street, Ufa, Republic of Bashkortostan, 450076, Russia, rosoil@rosoil.ru.

Abstract: The paper discusses the results of tribotechnical tests of the Rosoil-PZ-5 anti-skid additive and the Rosoil-Akor anti-corrosion additive in various base oils - mineral, synthetic, and isoparaffinic. The anti-scuff and anti-wear properties of I-12A, PAOM-2, and HVI-2 oils with different levels of Rosoil-Akor and Rosoil-PZ-5 additives were determined according to GOST 9490 using a four-ball friction machine. The tests showed that the effectiveness of these additives remained consistent in all selected bases. When the additives were combined, a synergistic effect was observed. In particular, in a certain range of concentrations, not only the anti-skidding properties, but also the anti-wear properties of the base oil composition with additives increase, which was not observed when additives were added separately.

Keywords: additive, synergism, base oil, welding load, wear spot diameter.