

ВЛИЯНИЕ ГРАНУЛОМЕТРИЧЕСКОГО СОСТАВА ДИСУЛЬФИДА МОЛИБДЕНА НА СМАЗЫВАНИЕ ПОДШИПНИКОВ КАЧЕНИЯ

В работе были проведены лабораторные испытания по оценке износа подшипников качения на машине трения СМЦ-2 в зависимости от гранулометрического состава (до 1 и до 7 мкм) и концентрации дисульфида молибдена, добавленного в базовое промышленное масло И-ГТ-А-100 (И-50А), производимое по ГОСТ 20799-2022. В ходе проведения испытаний были получены численные значения состояния износа четырех подшипников, обозначено среднее значение. Определены зависимости концентрации дисульфида молибдена с гранулометрическим составом до 1 и до 7 мкм от уровня износа и средней температуры подшипника при проведенных испытаниях.

Ключевые слова: смазочные материалы, подшипники качения, пластичные смазки, дисульфид молибдена, гранулометрический состав, промышленное масло.

Введение. Как правило, твердые компоненты, вводимые в смазочные материалы, используются тогда, когда жидкие смазочные материалы не отвечают требованиям для данного применения. В условиях высокого или сверхвысокого вакуума жидкие смазочные материалы могут интенсивно испаряться таким образом, что они не смогут выполнять свою основную функцию — смазывание подвижных деталей техники и потенциально могут загрязнить устройство. Аналогичным образом жидкие смазочные материалы могут разлагаться или окисляться при высоких температурах. При криогенных температурах жидкие смазочные материалы могут терять подвижность и переходить в твердое состояние или становиться слишком вязкими [1].

Под воздействием радиации или агрессивных газов жидкие смазочные материалы могут разлагаться. В случаях, когда загрязнение является серьезной проблемой, жидкие смазочные материалы могут быть непригодны, поскольку они, как правило, улавливают пыль и другие загрязняющие вещества из окружающей среды. В случае если обслуживание затруднено или невозможно, может оказаться нецелесообразным использовать жидкую смазку, которая со временем разлагается, особенно при длительном хранении или простое оборудования. Твердые компоненты, вводимые в смазочные материалы, решают многие из этих проблем [2].

Например, движущиеся системы в космосе включают транспортные средства, спутники, телескопы, антенны и подвижные средства. Такие си-

стемы должны работать в течение длительных периодов времени практически без обслуживания в широком диапазоне экстремальных условий окружающей среды. Поскольку большинство космических применений работают в вакуумных средах, типичной твердой смазкой является дисульфид молибдена (MoS_2). В отличие от графита, для использования которого в качестве смазки требуется достаточное давление водяных паров, MoS_2 лучше всего работает в условиях вакуума. Типичными примерами компонентов для космических применений, которые уже используют MoS_2 , являются шарикоподшипники, направляющие механизмы, скользящие кольца, шестерни и механизмы расщепления [3].

Основной смазочных свойств дисульфида молибдена является его ламинарная структура. Каждая пластинка состоит из двух слоев атомов серы, между которыми находится слой атомов молибдена. В результате слабых связей между слоями одна пластинка атомов материала легко скользит по другой, придавая ей низкие характеристики сдвига в композитах [4].

Скорость окисления дисульфида молибдена на воздухе зависит в первую очередь от температуры, а количество продуктов окисления зависит от времени воздействия. Заметного окисления до 400 °C не наблюдается, при данной температуре начинает образовываться тонкая пленка оксида молибдена. Между 427 °C ~ и 455 °C происходит медленное, но заметное окисление. Выше 455 °C образуется желтовато-белый оксид молибдена, а скорость

Условия проведения экспериментов

Масла, марка	Вид трения	Материал подшипника	Частота вращения, с ⁻¹	Нагрузка, Н
И-ГТ-А-100	Подшипники качения № 80204	Сталь ШХ – 15	16,6	1500

окисления увеличивается, становясь очень быстрой при температуре выше 600 °С [5, 6].

Коэффициент трения дисульфида молибдена низок, что демонстрирует его преимущества перед другими твердыми добавками к смазочным материалам.

Однако коэффициент трения дисульфида молибдена зависит от многих переменных, среди которых температура, относительная влажность, толщина пленки, тип и твердость смазываемого металла, нагрузка и чистота материала.

В отличие от других твердых добавок к смазочным материалам, дисульфид молибдена обладает высокой адгезией. Он откладывается на поверхностях металлов, придавая им низкую прочность на сдвиг при относительном перемещении, обусловленную его ламинарной структурой [7]. Подобного рода материалы типа диселинида молибдена и других соединений чрезвычайно дороги и по стоимостным показателям значительно уступают дисульфиду молибдена.

То, насколько хорошо работает смазка MoS₂, будет зависеть от ряда уже рассмотренных факторов, таких как нагрузка, скорость, температура, чистота и тип металла. Другие переменные зависят от способа применения [8].

Пленки MoS₂ химически инертны и термически стабильны при температурах более высоких, чем те, которым могут подвергаться их обычные углеводородные носители. Они долговечны, а срок их службы зависит от условий нанесения и эксплуатации [9].

Данные о функциях MoS₂ в качестве присадки в практических условиях использования и испытаний указывают на то, что он работает в масле и пластичной смазке так, как можно было бы ожидать от его свойств в качестве смазки с сухой пленкой. Такие результаты свидетельствуют о том, что в тех случаях, когда механическое движение периодически стирает, откачивает или срезает масляные пленки, добавление MoS₂ к маслу или пластичной смазке может обеспечить вторичную защиту при смазывании. Когда масляная пленка временно удаляется, пленка из MoS₂ на металлических опорных поверхностях будет поддерживать смазку до тех пор, пока масляная пленка восстанавливается либо путем ослабления давления, вытесняющего ее из соединения, либо путем повторного смазывания. Более того, в отличие от добавок, содержащих серу и хлор, которые требуют высоких температур для образования пленок сульфида или хлорида железа, дисульфид молибдена не нуждается в высоких температурах для образования защитной пленки на металлических или других несущих поверхностях [10].

Благодаря этим уникальным характеристикам дисульфид молибдена используется крупными нефтяными компаниями в качестве добавки к смазкам шасси для автомобилей и к железнодорожной смазке для цапф и подшипников.

Его также добавляют в составы для соединения инструментов и, в ограниченных количествах, в смазки для горловин роликов.

Лабораторные исследования. Для оценки противозносных свойств масел, используемых для смазывания узлов трения с высокими контактными давлениями (трансмиссии подвижной техники), использовались серийные подшипники качения № 80204. Подшипник устанавливался вместо вращающегося ролика, а колодка (контртело) использовалась для ограничения вращения внешнего кольца подшипника и для его нагружения. Испытания подшипников проводились на машине трения СМЦ-2. Схема трения: вращающееся внутреннее кольцо подшипника, внешнее кольцо фиксировалось колодкой в неподвижном состоянии. Характеристики испытаний: частота вращения внутреннего кольца (600 об/мин), нагрузка моделировалась пружинной системой нагружения, которая характерна для узлов трансмиссий — подшипников качения с необходимыми контактными давлениями. Условия проведения экспериментов представлены в табл. 1. Смазывание осуществлялось путем погружения подшипника в смазочный материал на глубину, большую толщины внешнего кольца. Это обеспечивает попадание смазочного материала и MoS₂ в зону трения.

Длительность эксперимента подбиралась с учетом классической зависимости износа от наработки, которая характеризуется интенсивным износом в период приработки и умеренным увеличением износа пропорционально времени работы узла в нормальном режиме. Предварительные эксперименты в течение 0,5; 1; 3 и 6 часов, при использовании чистых масел, подтвердили пропорциональность зависимости износа от наработки и показали, что сокращение времени испытаний до 0,5 часа практически не влияет на достоверность и точность результатов.

При подготовке к испытаниям подшипники № 80204 предварительно прирабатывались. Для получения достоверных результатов испытаний экспериментально установлены рациональные условия обработки подшипников (промывки, сушки). Промывку необходимо осуществлять в бензине по ТУ 6-15-788-78 с загрязненностью, соответствующей 6–7 классу чистоты по ГОСТ 17216-2001, вращением (60 об/мин) в течение 0,8 часа. Продолжительность сушки — 1,2 часа.

Для оценки влияния присадки дисульфида молибдена на эксплуатационные свойства масел был взят MoS₂ с гранулометрическим составом до 1 мкм (предоставленный для испытаний горно-металлургической компанией ПАО «ГМК» «Норильский никель» и промышленный дисульфид молибдена марки ДМ по ТУ 48-19-133-90 с гранулометрическим составом до 7 мкм.

Дисульфид молибдена добавлялся в пробы масла в концентрациях от 0,05 % до 0,3 %. Для обеспечения необходимой точности экспериментов с каждой концентрацией присадки проводилось

Результаты испытания присадки MoS₂

Базовое масло	Концентрация MoS ₂	Гранулометрический состав MoS ₂ мкм	Износ подшипника, г			
			1	2	3	4
И-ГТ-А-100	—	—	0,0444	0,0405	0,0150	0,0122
	0,05	1	0,0022	0,0007	0,0002	0,0017
	0,10	1	-0,0046	-0,0009	-0,0022	-0,0010
	0,15	1	-0,0019	-0,0009	-0,0009	-0,0004
	0,2	1	0,0019	0,0020	0,0029	0,0029
	0,3	1	0,0022	0,0017	0,0023	0,001
	0,05	7	0,0005	0,0042	0,0015	0,0026
	0,10	7	0,0007	0,0009	0,0006	0,001
	0,15	7	0,0021	0,0020	0,0022	0,0013
	0,2	7	0,007	0,0054	0,0008	0,0008
	0,3	7	0,0006	0,0017	0,0015	0,0002

по 4 испытания. При регистрации температуры подшипника определялось среднее значение из 4 полученных данных. В связи с тем, что дисульфид молибдена является дорогостоящим продуктом, его вводят в качестве добавки в минимальных концентрациях. Низкое содержание дисульфида молибдена в масле объясняется длительным взвешенным состоянием в жидких средах. Промышленностью выпускается дисульфид молибдена с гранулометрическим составом до 7 микрон. На данный момент на рынке рассматриваемая добавка представлена в двух вариантах — с гранулометрическим составом до 1 и 7 микрон. Дисульфид молибдена с крупным гранулометрическим составом особенно эффективен при обеспечении приработки крупных подшипников качения, где более мелкий продукт в значительной мере неэффективен. Это делает необходимым оценить влияние гранулометрического состава дисульфида молибдена на работу в подшипниках качения.

В процессе испытаний регистрировались износ по массе и температура подшипника. Износ определялся весовым методом на аналитических весах типа «АДВ-200М», температура — прибором «THERMISTOR» фирмы «KOMATSU». Полученные результаты сведены в табл. 2.

Обсуждение экспериментов. Анализируя рис. 1, замечаем, что добавление в промышленное масло дисульфида молибдена с гранулометрическим составом до 1 мкм носит наиболее благоприятный эффект по своим противоизносным свойствам в сравнении с MoS₂ с гранулометрическим составом до 7 мкм. Также отметим, что более рациональными концентрациями дисульфида молибдена с гранулометрическим составом до 1 мкм выступают значения от 0,07 до 0,15% по массе. При этих концентрациях значения износа имеют отрицательные значения из-за отложений MoS₂ на поверхностях трения за счет высоких адгезионных свойств [4, 7], что увеличивает массу деталей пар трения. Это также приводит к увеличению площади контакта деталей, а следовательно, и к уменьшению контактных давлений. Подобные процессы шаржирования поверхностей трения наблюдаются у различных материалов. Примером может служить трение пары «баббит — сталь», когда механические примеси изменяют

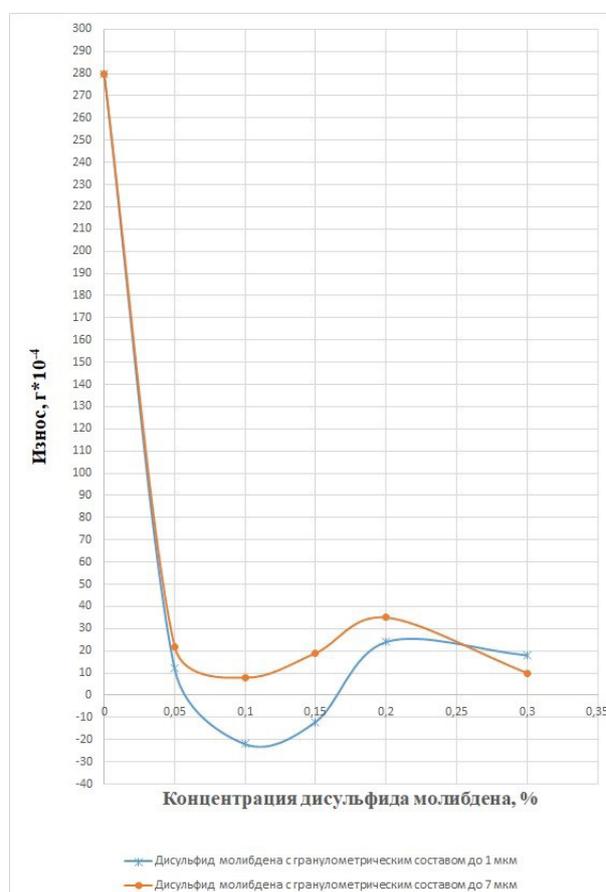


Рис. 1. Зависимость износа подшипника качения № 80204 от концентрации дисульфида молибдена в индустриальном масле И-ГТ-А-100

поверхностную твердость и шероховатость мягкого баббита [11]. Подобные процессы происходят при введении различных твердых добавок, что приводит к изменению показателей трущихся поверхностей (увеличению площади контакта и, как следствие, к уменьшению контактных давлений, увеличению поверхностной твердости и другим), что характерно для поверхностной обработки деталей.

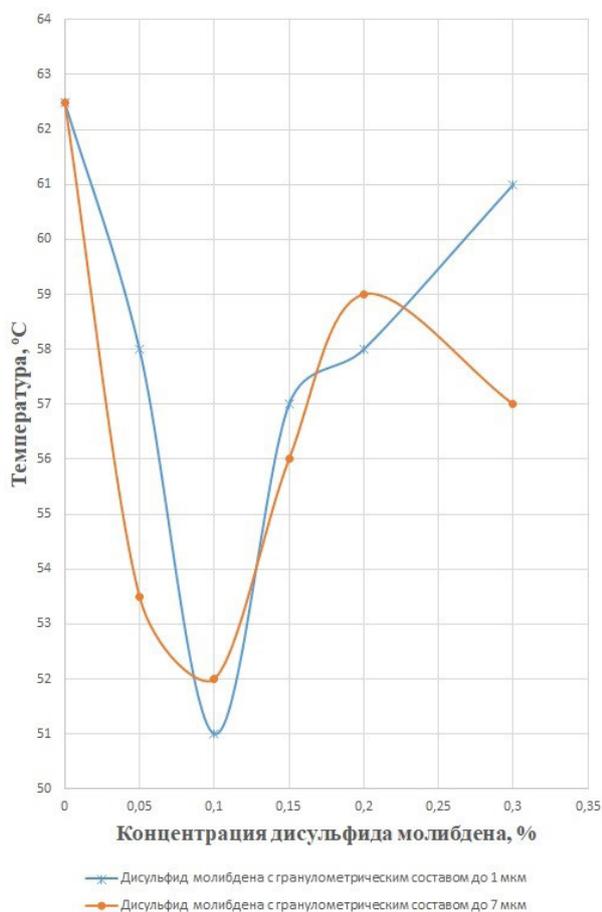


Рис. 2. Зависимость средней температуры подшипника качения № 80204 от концентрации дисульфида молибдена в индустриальном масле И-ГТ-А-100

Исследованиями И. А. Буяновского [11–14] установлено, что процессы трения и интенсивности износа коррелируются с температурой в околосредней зоне пары трения (зона расположения термпары на минимальном расстоянии при процессе трения). Все процессы трения являются диссипативными (процессы с выделением и рассеиванием тепловой энергии). Чем выше интенсивность износа деталей, тем большее количество тепловой энергии выделяется и тем выше температура узла. На представленных зависимостях (рис. 1, 2) видно, что минимальная температура в околосредней зоне соответствует точке минимальной интенсивности износа, которая наблюдается при концентрации MoS_2 в районе 0,1 %. Это объясняется уменьшением затрат энергии на трение и износ, что и вызывает уменьшение температуры в околосредней зоне и подтверждает результаты испытаний, приведенных на рис. 1.

Внедрение введения MoS_2 в индустриальные и турбинные масла оборудования подразделений МУП «Водоканал» г. Омска подтвердило эффективность полученных при испытаниях результатов.

Выводы

1. Дисульфид молибдена является противозадирной присадкой и положительно влияет на эксплуатационные свойства масел при работе узлов трения с высокими контактными давлениями. При работе подшипников качения № 80204 целесообразно добавлять в базовое масло дисульфид молибдена с гранулометрическим составом до 1 мкм в концентрации 0,07–0,15 % по массе. При таких концентра-

циях износ подшипников минимален и снижение его происходит более чем на порядок при применении индустриального масла без добавки MoS_2 .

2. Дисульфид молибдена с гранулометрическим составом до 1 мкм превосходит по своим противозадирным свойствам промышленный с гранулометрическим составом до 7 мкм.

3. Результаты испытаний дают основание для широкого использования дисульфида молибдена с гранулометрическим составом до 1 мкм при смазывании механических передач подвижной техники.

Библиографический список

1. Рыков Е. В., Штокал А. О., Говорун Т. А. [и др.]. Исследование стойкости твердого смазочного покрытия на основе дисульфида молибдена к фреттинг-износу в условиях вибрационного нагружения // Научные технологии. 2019. Т. 20, № 2. С. 40–47.
2. Bojarska Z., Kopytowski J., Mazurkiewicz-Pawlicka M. [et al.]. Molybdenum disulfide-based hybrid materials as new types of oil additives with enhanced tribological and rheological properties // Tribology International. 2021. Vol. 160. 106999. DOI: 10.1016/j.triboint.2021.106999.
3. Kumar R., Banga H. K., Singh H. [et al.]. An outline on modern day applications of solid lubricants // Materials Today: Proceedings. 2020. Vol. 28. P. 1962–1967. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.05.558.
4. Щегольков А. В., Захват М. М. А., Земцова Н. В. [и др.]. Математическое описание процесса механоактивации MoS_2 и мунт для моторного топлива и масла // Наука в Центральной России. 2022. № 3 (57). С. 103–110.
5. Singh A., Chauhan P., Mamatha T. G. A review on tribological performance of lubricants with nanoparticles additives // Materials Today: Proceedings. 2020. Vol. 25. P. 586–591. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.07.245.
6. Saidi M. Z., Akram H., Achak O. [et al.]. Effect of morphology and hydrophobization of MoS_2 microparticles on the stability of poly- α -olefins lubricants // Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects. 2019. Vol. 572. P. 174–181. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2019.04.003.
7. Антонова Н. М., Шоркин В. С., Ромашин С. Н. [и др.]. Адгезия вибрационного механохимического твердосмазочного покрытия MoS_2 // Поверхность. Рентгеновские, синхротронные и нейтронные исследования. 2019. № 9. С. 67–74.
8. Иванов В. В., Попов С. И., Донцов Н. С. [и др.]. Влияние вибрационных твердосмазочных покрытий на качество поверхности и эксплуатационные свойства деталей транспортных машин // Вестник Кузбасского государственного технического университета. 2019. № 6 (136). С. 5–13. DOI: 10.26730/1999-4125-2019-6-5-13.
9. Ким К. К., Колесова А. В. Моделирование характеристик скользящего контакта // Бюллетень результатов научных исследований. 2020. № 2. С. 60–76. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-2-60-76.
10. Baş H., Özen O., Beşirbeyoğlu M. A. Tribological properties of MoS_2 and CaF_2 particles as grease additives on the performance of block-on-ring surface contact // Tribology International. 2022. Vol. 168. 107433. DOI: 10.1016/j.triboint.2022.107433.
11. Корнеев С. В., Лагунов В. Б., Мичник Б. Х. [и др.]. О критерии предельного состояния смазочного материала для пары трения баббит-сталь // Трение и износ. 1986. № 2. С. 342.
12. Матвеевский Р. М., Буяновский И. А., Багинский В. В. К оценке критических температур смазочных материалов при трении в режиме граничной смазки // Машиноведение. 1980. С. 119.
13. Буяновский И. А. Температурно-кинетический метод оценки температурных пределов работоспособности смазоч-

ных материалов при тяжелых режимах граничной смазки // Трение и износ. 1993. № 1. С. 127.

14. Жилко В. Н., Буяновский И. А., Лисенков Ю. Г. О связи между температурной стойкостью моторных масел и их противозносными свойствами // Трение и износ. 1983. № 4. С. 724.

КОРНЕЕВ Сергей Васильевич, доктор технических наук, профессор (Россия), профессор кафедры «Автоматизация и энергетическое машиностроение» Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета, г. Омск; профессор кафедры «Химия и химическая технология» Омского государственного технического университета (ОмГТУ), г. Омск.
SPIN-код: 7617-5239

ORCID: 0000-0002-7243-1841

Адрес для переписки: svkorneev51@mail.ru

ПАШУКЕВИЧ София Вячеславовна, аспирант гр. Ма-202 кафедры «Химия и химическая технология» ОмГТУ, г. Омск.

SPIN-код: 5626-7085

ORCID: 0000-0002-8111-4725

Адрес для переписки: sofia96@bk.ru

Для цитирования

Корнеев С. В., Пашукевич С. В. Влияние гранулометрического состава дисульфида молибдена на смазывание подшипников качения // Омский научный вестник. 2023. № 2 (186). С. 13–18. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-13-18.

Статья поступила в редакцию 16.03.2023 г.

© С. В. Корнеев, С. В. Пашукевич

UDC 621.9.048.6:621.794

DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-13-18

S. V. KORNEEV^{1, 2}
S. V. PASHUKEVICH²

¹ Siberian State Automobile
and Road University,
Omsk, Russia

² Omsk State
Technical University,
Omsk, Russia

THE INFLUENCE OF GRANULOMETRIC COMPOSITION OF MOLYBDENUM DISULFIDE ON LUBRICATION OF ROLLING BEARINGS

In the work, laboratory tests are carried out to assess the wear of rolling bearings on the SMC-2 friction machine, depending on the granulometric composition (up to 1 and up to 7 microns) and the concentration of molybdenum disulfide added to the base industrial oil I-GT-A-100 (I-50A), produced according to GOST 20799-2022. During the tests, numerical values of the wear condition of four bearings are obtained, the average value is indicated. The dependences of the concentration of molybdenum disulfide with a granulometric composition of up to 1 and up to 7 microns on the wear level and the average temperature of the bearing during the tests are determined.

Keywords: lubricants, rolling bearings, greases, molybdenum disulfide, granulometric composition, industrial oil.

References

1. Rykov E. V., Shtokal A. O., Govorun T. A. [et al.]. Issledovaniye stoykosti tverdogo smazochnogo pokrytiya na osnove disul'fida molibdena k fretting-iznosu v usloviyakh vibratsionnogo nagruzheniya [Investigation of the fretting resistance of molybdenum disulfide-based solid lubricant coatings under vibration loading conditions] // Naukoymkiye tekhnologii. *Science Intensive Technologies*. 2019. Vol. 20, no. 2. P. 40–47. (In Russ.).
2. Bojarska Z., Kopytowski J., Mazurkiewicz-Pawlicka M. [et al.]. Molybdenum disulfide-based hybrid materials as new

types of oil additives with enhanced tribological and rheological properties // Tribology International. 2021. Vol. 160. 106999. DOI: 10.1016/j.triboint.2021.106999. (In Engl.).

3. Kumar R., Banga H. K., Singh H. [et al.]. An outline on modern day applications of solid lubricants // Materials Today: Proceedings. 2020. Vol. 28. P. 1962–1967. DOI: 10.1016/j.matpr.2020.05.558. (In Engl.).

4. Shchegol'kov A. V., Zakhivat M. M. A., Zemtsova N. V. [et al.]. Matematicheskoye opisaniye protsessa mekhanoaktivatsii MoS₂ i munt dlya motornogo topliva i masla [Mathematical description of the process of mechanical activation of MOS₂ and MWCNT for motor fuel and oil] // Nauka v tsentral'noy

Rossii. *Science in the Central Russia*. 2022. No. 3 (57). P. 103–110. (In Russ.).

5. Singh A., Chauhan P., Mamatha T. G. A review on tribological performance of lubricants with nanoparticles additives // *Materials Today: Proceedings*. 2020. Vol. 25. P. 586–591. DOI: 10.1016/j.matpr.2019.07.245. (In Engl.).

6. Saidi M. Z., Akram H., Achak O. [et al.]. Effect of morphology and hydrophobization of MoS₂ microparticles on the stability of poly- α -olefins lubricants // *Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects*. 2019. Vol. 572. P. 174–181. DOI: 10.1016/j.colsurfa.2019.04.003. (In Engl.).

7. Antonova N. M., Shorkin V. S., Romashin S. N. [et al.]. Adgeziya vibratsionnogo mekhanokhimicheskogo tverdosmazochnogo pokrytiya MoS₂ [Adhesion of MoS₂ vibratory mechanochemical solid lubricant coating] // *Poverkhnost'. Rentgenovskiy, sinkhrotronnyy i neytronnyy issledovaniya*. 2019. No. 9. P. 67–74. (In Russ.).

8. Ivanov V. V., Popov S. I., Dontsov N. S. [et al.]. Vliyaniye vibratsionnykh tverdosmazochnykh pokrytiy na kachestvo poverkhnosti i ekspluatatsionnyye svoystva detaley transportnykh mashin [Influence of vibration solid lubricants coatings on surface quality and operational properties of transport machine parts] // *Vestnik Kuzbasskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Kuzbass State Technical University Journal*. 2019. No. 6 (136). P. 5–13. DOI: 10.26730/1999-4125-2019-6-5-13. (In Russ.).

9. Kim K. K., Kolesova A. V. Modelirovaniye kharakteristik skol'zyashchego kontakta [Modeling contact slider performance] // *Byulleten' rezul'tatov nauchnykh issledovaniy. Bulletin of Scientific Research Results*. 2020. No. 2. P. 60–76. DOI: 10.20295/2223-9987-2020-2-60-76. (In Russ.).

10. Baş H., Özen O., Beşirbeyoğlu M. A. Tribological properties of MoS₂ and CaF₂ particles as grease additives on the performance of block-on-ring surface contact // *Tribology International*. 2022. Vol. 168. 107433. DOI: 10.1016/j.triboint.2022.107433. (In Engl.).

11. Korneyev S. V., Lagunov V. B., Michnik B. Kh. [et al.]. O kriterii predel'nogo sostoyaniya smazochnogo materiala dlya pary treniya babbitt-stal' [On the criteria for the limiting state of a lubricant for pairs of babbitt-steel] // *Treniye i iznos. Journal of Friction and Wear*. 1986. No. 2. P. 342. (In Russ.).

12. Matveyevskiy R. M., Buyanovskiy I. A., Baginskiy V. V. K otsenke kriticheskikh temperatur smazochnykh materialov

pri trenii v rezhime granichnoy smazki [To estimation of critical temperatures of lubricants in friction under boundary lubrication regime] // *Mashinovedeniye. Mechanical Engineering*. 1980. P. 119. (In Russ.).

13. Buyanovskiy I. A. Temperaturno-kineticheskiy metod otsenki temperaturnykh predelov rabotosposobnosti smazochnykh materialov pri tyazhelykh rezhimakh granichnoy smazki [Temperature-kinetic method for estimating the temperature limits of lubricant serviceability under heavy boundary lubrication modes] // *Treniye i iznos. Journal of Friction and Wear*. 1993. No. 1. P. 127. (In Russ.).

14. Zhilko V. N., Buyanovskiy I. A., Lisenkov Yu. G. O svyazi mezhdru temperaturnoy stoykost'yu motornykh masel i ikh protivoznosnymi svoystvami [On the relationship between the temperature resistance of engine oils and their anti-wear properties] // *Treniye i iznos. Journal of Friction and Wear*. 1983. No. 4. P. 724. (In Russ.).

KORNEEV Sergey Vasilyevich, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Automation and Power Engineering Department, Siberian State Automobile and Road University, Omsk; Professor of Chemistry and Chemical Technology Department, Omsk State Technical University Omsk (OmSTU), Omsk.

SPIN-code: 7617-5239

ORCID: 0000-0002-7243-1841

Correspondence address: svkorneev51@mail.ru

PASHUKEVICH Sofiya Vyacheslavovna, Graduate Student gr. Ma-202 of Chemistry and Chemical Technology Department, OmSTU, Omsk.

SPIN-code: 5626-7085

ORCID: 0000-0002-8111-4725

Correspondence address: sofia96@bk.ru

For citations

Korneev S. V., Pashukevich S. V. The influence of granulometric composition of molybdenum disulfide on lubrication of rolling bearings // *Omsk Scientific Bulletin*. 2023. No. 2 (186). P. 13–18. DOI: 10.25206/1813-8225-2023-186-13-18.

Received March 16, 2023.

© S. V. Korneev, S. V. Pashukevich