3. sovet-ingenera.com/otoplenie/kotly/avtomatika-dlya-gazovyx-kotlov-otopleniya.html
4. https://znatoktepla.ru/kotly/obzor-ob-avtomatike.html
5. otople.com/avtomatika-i-sredstva-upravleniya
6. https://studopedia.su/18_148766_avtomatika-gazovih-apparatov.html
7. Litvina L.S. Frolova Z.S. Teplovoe oborudovanie obshchestvennogo pitaniya. – M.: Ekonomika, 1987. – 272 s.
8. SHuvalov A.M., Mashkov A.N., CHernov D.S. Matematicheskaya model' teplo- massoobmennyh processov v gazoispol'zuyushchem kormovarochnom kotle s samoregulirovaniem moshchnosti // Nauka v central'noj Rossii. 2020. - № 2 (44). - S. 93-99.
9. SHuvalov A.M., Mashkov A.N., CHernov D.S. Obosnovanie principa samoregulirovaniya moshchnosti kormovarochnogo kotla na gazovom toplive // Nauka v central'noj Rossii. 2020. - № 4 (46). - S. 62-67.
10. SHuvalov A.M., Mashkov A.N., Tihomirov D.A. Analiz teploenergeticheskih processov v sisteme energoobespecheniya gazoispol'zuyushchego kormovarochnogo kotla // Elektrotekhnologii i elektrooborudovanie v APK. 2020. T. 67. - № 1 (38). - S. 71-77.
11. V.N. Belozercev, S.O Nekrasova, D.V. Sarmin, D.A.Uglanov. Opredelenie osnovnyh harakteristik termoelektricheskogo generatora: uchebnoe posobie. – Samara: izd-vo SGAU, 2015. -88s.
12. Ioffe A.F. Poluprovodnikovye termoelementy. –M. –L.: izd-vo AN SSSR,1956.
13.Tihomirov D.A., Tihomirov A.V. Ocenka potrebnostej sel'skogo hozyajstva RF v energoresursah i ih struktura na period do 2030 g. // Innovacii v sel'skom hozyajstve. - 2018. - № 28. -C. 101-109.
14.Trunov S.S., Tihomirov D.A. Termoelektricheskoe osushenie vozduha v sel'skohozyajstvennyh pomeshcheniyah // Nauka v central'noj Rossii. - 2018. -№2 (32). - S. 51-59.

Сведения об авторах

Принадлежность к организации

Шувалов Анатолий Михайлович – доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Машков Алексей Николаевич – кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Всероссийский научноисследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: vniiti@mail.ru.

Author credentials

Affiliations

Shuvalov Anatoliy – Full Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Mashkov Alexey – Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher of Federal State Budgetary Scientific Institution “All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture”, Russia, Tambov, e-mail: vniiti@mail.ru.

Поступила в редакцию (Received): 27.01.2022 Принята к публикации (Accepted): 19.02.2022

УДК 621.899:620.19
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-108-118

ИССЛЕДОВАНИЕ ДИНАМИКИ ОБРАЗОВАНИЯ УГЛЕРОДНОЙ ПЛЕНКИ НА ПОВЕРХНОСТИ УЗЛА ТРЕНИЯ

[1]Нагдаев Владимир Константинович
[2]Першин Владимир Федорович,
[1,2,3] Вигдорович Михаэль,
[1,4] Остриков Валерий Васильевич
[5]Сафонов Валентин Владимирович,

[2]Алхило Земан Абуд А.А
[1]ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве»
[2]ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет»
[3]Angara GmbH, Германия, г. Дюссельдорф
[4] ФГБОУ ВО «Мичуринский государственный аграрный университет»
[5] ФГБОУ ВО «Саратовский государственный аграрный университет имени Н.И. Вавилова»

Реферат. *Создаваемые на поверхности трения защитные пленки способствуют продлению сроков службы машин. Но вопрос динамики образования пленки и её разрушения в зависимости от различных факторов изучен недостаточно. Металлизированные пленки обладают недостаточной прочностью сцепления с основой. В работе поставлена задача исследования процессов образования углеродной пленки на поверхности узла трения «ролик – ролик» в смазке Литол-24 с добавкой в виде многослойного графена в количестве 0,2 % масс. Оценка изменений поверхностей трения проводилась с использованием цифрового микроскопа Kromatech и электронной микроскопии. Шероховатость поверхности и толщина углеродной плёнки определялась с помощью профилометра. Сравнительные испытания осуществлялись на машине трения МИ-1М. Определение коэффициента трения проводилось на паре цилиндр – шарик. В результате исследований установлено, что основная масса углерода находилась во впадинах микроповерхностей трения. Исследована динамика образования углеродной пленки на поверхности узла трения «ролик – ролик». В Литол – 24 вносится добавка в виде многослойного графена в количестве 0,2% масс. Образование углеродной пленки наблюдается в первые 30 минут работы узла трения. В течении 60 мин толщина пленки достигает толщины 0,347мкм. В следующие 30 минут преобладает процесс разрушения пленки до толщины 0,291 мкм. После 6 часов испытания узла трения пленка достигает толщины 0,367 мкм. Измерение шероховатости микро- поверхности трения показало, что шероховатость изменилась с 5 класса до 11. Толщина пленки измерялась с помощью профилометра и сканирующим электронным микроскопом. Пленка обладает антифрикционными свойствами – происходит уменьшение температуры ролика и уменьшение момента силы трения. Коэффициент трения уменьшается приблизительно в 2раза, с 0,197 до 0,060. Механизм образования углеродной пленки на узле трения носит периодический характер. Одновременно протекают два процесса – процесс образования углеродной пленки и процесс ее разрушения. То есть на первой стадии углеродная фаза заполняет микровпадины, поскольку в микровпадинах максимальная удельная поверхность, следовательно, максимальная поверхностная энергия. Далее по мере заполнения микровпадин начинается формирование плёнки на всей поверхности трения. После формирования плёнки в процессе работы узла трения происходит относительное разрушение плёнки при определённых условиях.*

Ключевые слова: *углеродная плёнка, многослойный графен, сканирующая электронная микроскопия, шероховатость микро-поверхности, момент силы трения, коэффициент трения, толщина углеродной плёнки.*

INVESTIGATION OF THE DYNAMICS OF THE FORMATION OF A CARBON FILM ON THE SURFACE OF THE FRICTION UNIT

[1]Nagdaev Vladimir
[2]Pershin Vladimir
[1,2,3] Vigdorowitsch Michael
[1,4] Ostrikov Valery
[5]Safonov Valentin
[2]Alhilo Zeman Abud A.A.
[1]FSBSI «All-Russian Research Institute for Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture»
[2] FSBEI HE "Tambov State Technical University"
[3] Angara GmbH, Dusseldorf, Germany
[4]FSBEI HE "Michurinsk State Agrarian University"

[5]*FSBEI HE " Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov»*

Abstract. *Protective films created on the friction surface contribute to extending the service life of machines. But the question of the dynamics of film formation and its destruction, depending on various factors, has not been studied enough. Metallized films have insufficient adhesion strength to the substrate. The task of studying the processes of formation of a carbon film on the surface of the roller-roller friction unit in Litol-24 lubricant with an additive in the form of multilayer graphene in the amount of 0.2 wt. % put in work. Evaluation of changes in friction surfaces was carried out using a Kromatech digital microscope and electron microscopy. Surface roughness and carbon film thickness were determined using a profilometer. Comparative tests were carried out on a MI-1M friction machine. Determination of the coefficient of friction was carried out on a pair of cylinder - ball. As a result of the research, it was found that the bulk of carbon was in the depressions of the friction microsurfaces. The dynamics of the formation of a carbon film on the surface of the roller-roller friction unit has been investigated. In Litol-24, an additive is introduced in the form of multilayer graphene in an amount of 0.2% of the mass. The formation of a carbon film is observed in the first 30 minutes of operation of the friction unit. Within 60 minutes, the film thickness reaches 0.347 μm. In the next 30 minutes, the process of destruction of the film to a thickness of 0.291 μm prevails. After 6 hours of testing the friction unit, the film reaches a thickness of 0.367 μm. Measurement of the roughness of the micro-friction surface showed that the roughness changed from grade 5 to 11. The thickness of the film was measured using a profilometer and a scanning electron microscope. The film has antifriction properties - the roller temperature decreases and the frictional moment decreases. The friction coefficient decreases approximately 2 times, from 0.197 to 0.060. The mechanism of the formation of a carbon film on the friction unit is periodic. Two processes occur simultaneously - the process of the formation of a carbon film and the process of its destruction. That is, in the first stage, the carbon phase fills the microdepressions, since the microdepressions have the maximum specific surface area, hence, the maximum surface energy. Further, as the microdepressions are filled, the formation of a film begins on the entire friction surface. After the formation of the film in the process of operation of the friction unit, a relative destruction of the film occurs under certain conditions.*

Keywords: *carbon film, multilayer graphene, micro-surface roughness, moment of friction force, coefficient of friction, thickness of the carbon film.*

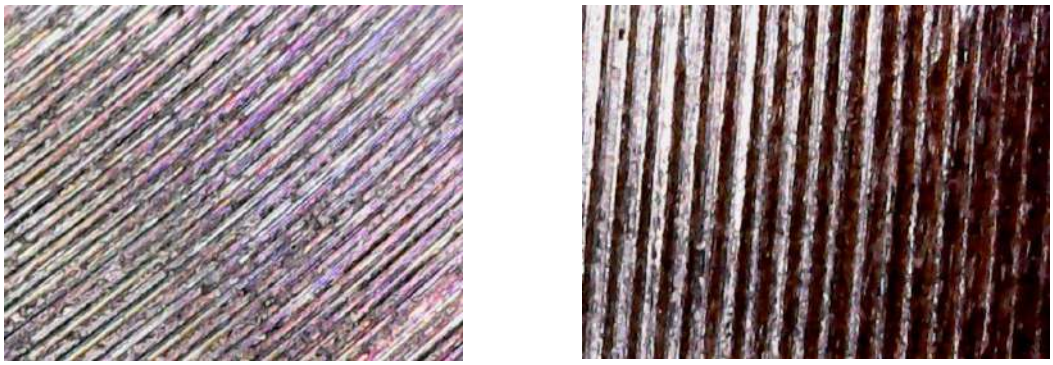
Введение. Искусственно создаваемые на поверхности трения металлические и химические пленки хотя и продлевают срок службы поверхностного слоя, но во многих случаях этого недостаточно. Основной их недостаток – отсутствие компенсации повреждения и износа, ведущих к разрушению узлов трения [1-5]. Кроме этого, металлизированные покрытия обладают недостаточной прочностью сцепления (адгезией) с металлической основой, которая под действием окружающей коррозионной среды и повышенных температурах снижается.

В работе [6] показано образование углеродной плёнки на поверхности трения «ролик-ролик» из смазки на основе Литола-24. Целью данной работы является исследование процессов образования углеродной пленки на поверхности узла трения «ролик-ролик».

Методика проведения исследования. При проведении исследований микрофотографирования поверхностей трения использовался цифровой микроскоп Kromatech 50x500. Сканирующая электронная микроскопия осуществлялась электронным микроскопом. Определение шероховатости ролика и толщины углеродной пленки проводилась профилометром модели 130. Измерение температуры нижнего ролика осуществлялось с помощью лазерного цифрового пирометра Mastech MS6530. Сравнительные испытания смазочных материалов проводили на машине трения МИ-1М, которую тарировали по нагрузке и моменту силы трения, согласно инструкции по эксплуатации, перед началом испытаний. Для изготовления роликов с наружным диаметром – 50 мм, шириной нижнего ролика – 12 мм, верхнего – 10 мм, шероховатостью поверхностей трения R_a – 0,172 мкм, твёрдостью – HRC 60…62 использовали сталь ШХ-15 ГОСТ 2590-88. Частота вращения нижнего ролика составляла 500 мин$^{-1}$.

Экспериментальное определение коэффициента трения проводилось на установке цилиндр – шарик.

Обсуждение результатов исследований. На микрофотографии с углеродным покрытием (рисунок 1) видно, что основная масса углерода (темные полосы) располагается во впадинах микроповерхности металла.

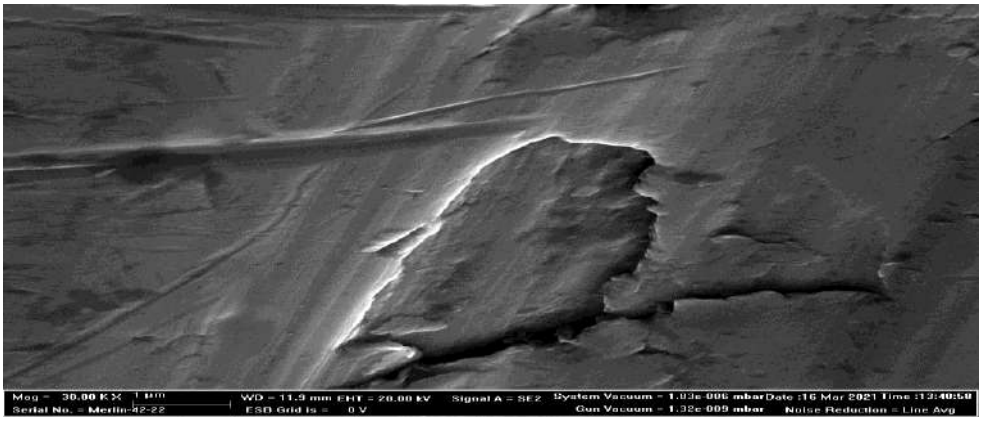


а) б)

Рисунок 1 - а) Микрофотография поверхности металлического ролика (увеличение в 110 раз); б) Микрофотография поверхности ролика после 6 часов работы в смазке Литол 24+графен.

СЭМ (сканирующая электронная микроскопия) изображения поверхности стали ШХ15 с антифрикционной пленкой показаны на рисунке 2.

а)



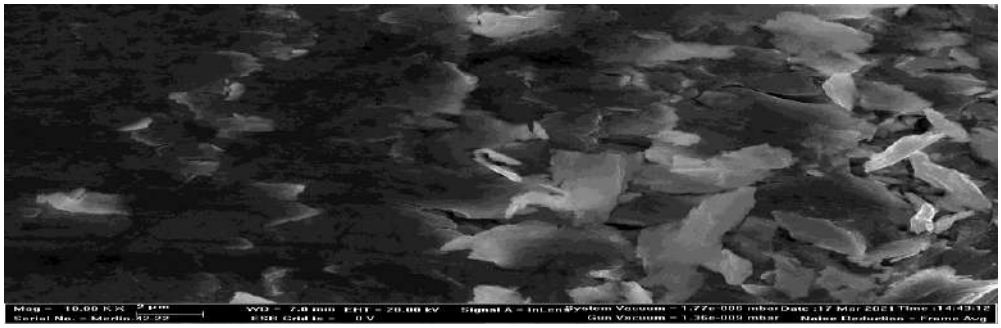
б)

Рисунок 2 - СЭМ изображения поверхности стали ШХ15 с антифрикционной пленкой

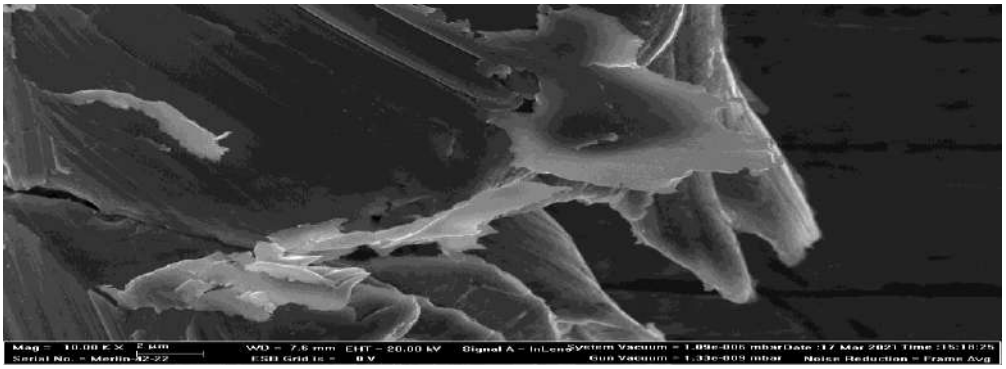
Для определения состава пленки провели ее деформирование с целью разрушения (рисунок 2 а). На рисунках видно, что в нескольких местах пленка оторвалась от поверхности стали и образовались каверны. Увеличенное изображение одной из каверн показано на рисунке. 2 б.

Аналогичная пленка была получена на поверхности цилиндра диаметром 26 мм, изготовленном из бронзы БрЩФ10-1. СЭМ изображения показана на рисунке 3 а**.** Поскольку твердость бронзы меньше твердости стали, при деформации пленки произошло отслоение не только материала пленки, но и бронзы, как это видно на рисунке 3б. Увеличенный фрагмент отслоившихся чешуек показан на рисунке 3 в, а результаты определения толщины чешуек пленки показаны на рисунке 3г.

а)



б)

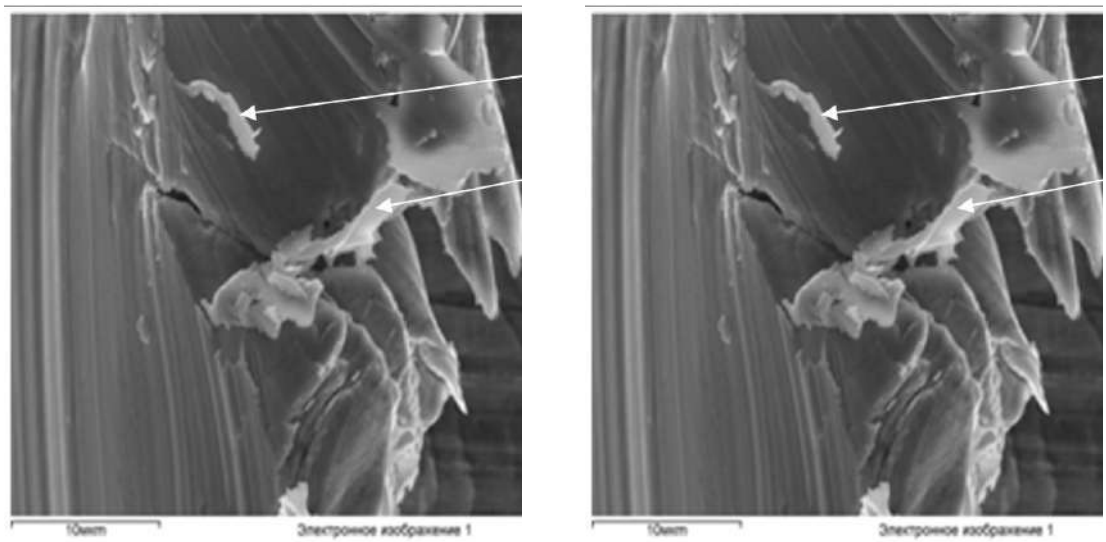


в)

г)

Рисунок 3 - СЭМ изображения бронзовой поверхности с антифрикционной пленкой

Для определения элементного состава пленки было проведено картирование отдельных участков. Характерные результаты картирования показаны на рисунке 4.

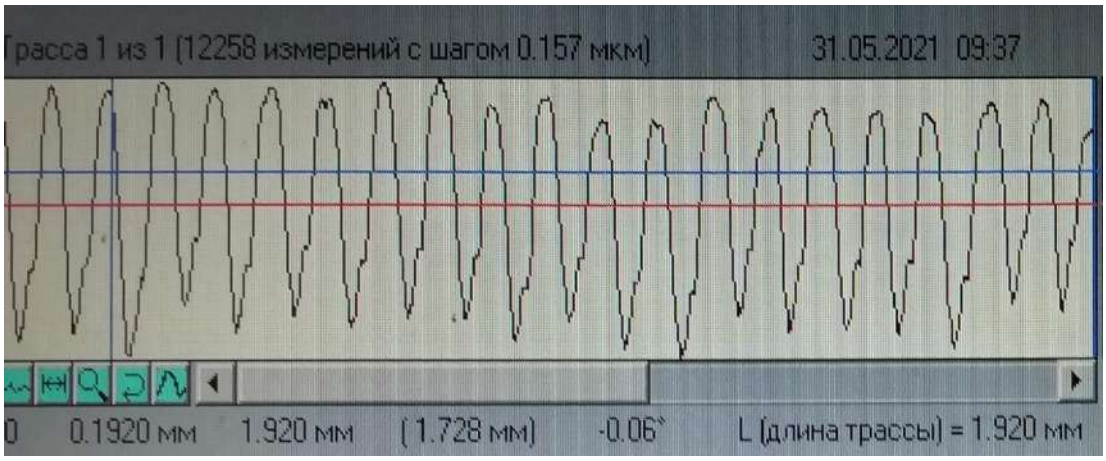


а) б)

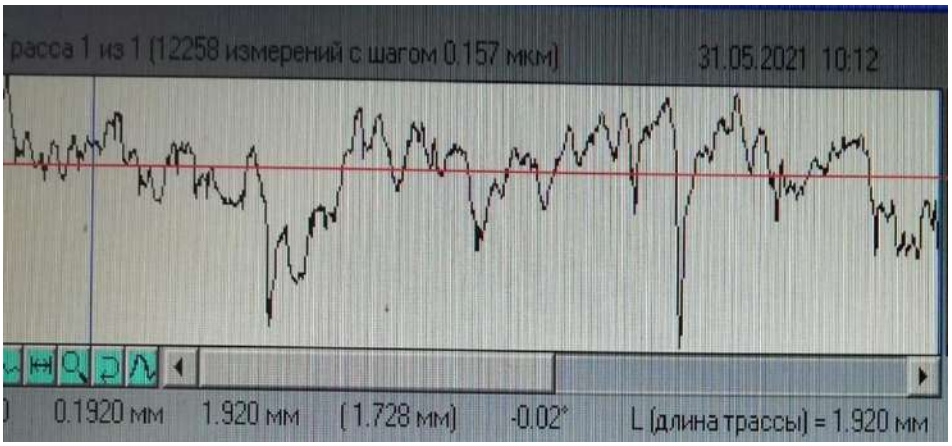
Рисунок 4 - Результаты картирования: а – электронное изображение; б – распределение углерода на данном участке

Сравнение изображений (рисунок 5 а и 5 б) показывает, что ряд чешуек состоят в основном из углерода, что подтверждает состав образовавшейся на поверхности стали ШХ15 углеродной пленки.

С изменением толщины углеродной пленки (времени работы узла трения) изменяется шероховатость углеродной поверхности. За первый час шероховатость меняется с 5 класса до 9-10. С 1часа до 3 часов шероховатость увеличивается до 8-9 класса. Затем происходит уменьшение шероховатости до 10 – 11 класса (таблица 1).



а)



б)

Рисунок 5 - а - профилограмма металлической поверхности ролика,
б - профилограмма углеродной пленки на поверхности ролика

Таблица 1 - Изменение шероховатости углеродной поверхности от времени работы узла трения

Время работы узла трения, час	0	0,5	1,0	1,5	3,0	6,0
Среднее арифметическое отклонение профиля поверхности, R_a, мкм	0,172	0,06	0,020	0,007	0,017	0,005
Средняя высота профиля поверхности, R_z, мкм	0.450	0,059	0,056	0,022	0,059	0,019
Класс шероховатости поверхности	5	7-9	9-10	8-9	8-9	10-11

В течение первого часа происходит увеличение толщины пленки с 0 до 0,367 мкм. В последующие 0,5 часа преобладает процесс разрушения пленки – толщина уменьшается с 0,367 до 0,291 мкм. Затем толщина пленки увеличивается с 0,291 до 0,367 мкм (рисунок 6).

С целью оценки антифрикционных свойств углеродного покрытия измерялись момент силы трения в узле трения ролик-ролик и изменение температуры нижнего ролика.

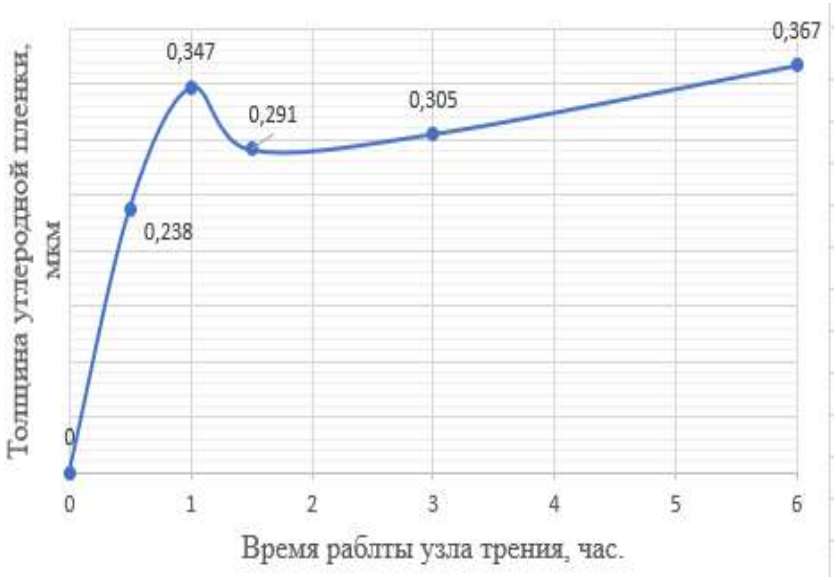


Рисунок 6 - Изменение толщины углеродной пленки от времени работы узла трения.

Момент силы трения возрастает в течении начальных 90 мин работы узла трения от 5,4 до 5,8 (Нм), затем постепенно уменьшается до 4,9 (рисунок 7).

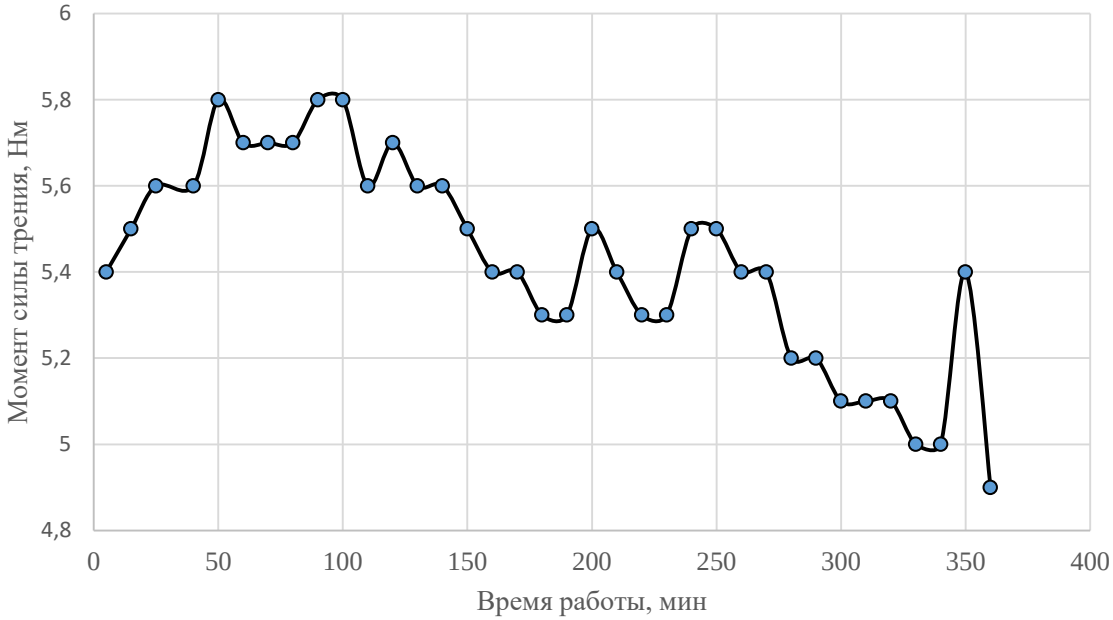


Рисунок 7 - Изменение момента силы трения от времени работы узла трения в течение 360 мин

Во время всего периода работы узла трения наблюдаются скачки величины момента трения. Интерпретация данного эффекта связана с природой действующей силы трения. Зачастую дифференциация трения скольжения и качения производится ассоциативно в зависимости от типа механизма [7]. Тем не менее, базовым представляется подход, изложенный в [8] и связанный с тем, что, в случае трения качения, «при достаточно протяжённых размерах площадки касания в зоне контакта возникает проскальзывание, приводящее к трению скольжения, так как, согласно Рейнольд-

су, материал катящегося тела в зоне касания сжат, а материал основания растянут». В отношении пары «ролик-ролик» следует, очевидно, различать две ситуации. В одной из них имеются ведущий и ведомый ролики, приводящие к возникновению трения качения. В рассмотренной в настоящей работе, равно как в [7] – имеет место притирание поверхностей в зоне контакта при фиксированных различающихся угловых скоростях роликов, что, несмотря на постоянное изменение точек тела, контактирующих с опорой [9], фактически представляет собой скольжение в зоне контакта с полным отсутствием компоненты качения в имеющем место трении. Таким образом, возникновение скачков момента силы трения следует связывать с флуктуационными эффектами при протекании сопутствующих друг другу процессов образования и разрушения углеродной пленки. Возможно, это связано с проскальзыванием роликов относительно друг друга или с протеканием одновременно процессов образования и разрушения углеродной пленки.

В течение первых 1,5 часов температура ролика возрастает с 26^0С до 55^0С, и затем температура ролика не изменяется и составляет около 50^0С (рисунок 8).

Рисунок 8 - Изменение температуры нижнего ролика от времени работы узла трения.

Результаты исследования приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Определение коэффициента трения при контакте шарик-цилиндр

№ п/п	Контактирующие поверхности трения	Коэффициент трения
1	Сталь ШХ-15	0,288
2	Антифрикционная пленка (углеродное покрытие)	0,197
3	Сталь ШХ-15 + Литол24	0,197
4	Антифрикционная пленка+ Литол24	0,141
5	ШХ-15 + Литол24 + 0,2% графена	0,113
6	Антифрикционная пленка + Литол24 + 0,2% графена	0,060

Таким образом, углеродная пленка уменьшает коэффициент трения примерно в 3 раза (с 0,197 до 0,060).

Заключение. Процесс образования углеродной пленки на поверхности узла трения носит периодический характер. Наиболее вероятно, одновременно протекают два процесса: процесс образования углеродной пленки и процесс ее разрушения.

Формирование углеродной пленки протекает в две стадии. На первой стадии углеродная фаза заполняет микро- впадины (на рисунке 1 б эти зоны намного темнее, чем остальная пленка), поскольку именно на поверхностях микро- впадин максимальная удельная поверхность, следовательно, максимальная удельная поверхностная энергия. После заполнения микро- впадин, начинается формирование пленки на всей поверхности трения.

Уменьшение шероховатости поверхностей узла трения в результате образования углеродной пленки приводит к следующим результатам:

1. Уменьшается коэффициент трения приблизительно в 2 раза (это подтверждается уменьшением момента силы трения и понижением температуры нижнего ролика).

2. Происходит уменьшение маслоемкости шероховатой поверхности, что снижает толщину смазочной пленки.

Список литературы

1. Левченко В. А., Буяновский И.А., Большаков А. Н., Матвеенко В. Н. Зеленая трибология: ориентационные свойства углеродных алмазоподобных покрытий трибологических узлов в смазочных средах //Журнал прикладной химии. 2019. Т. 92. Вып. 12. – С. 1499-1513.

2. Жорник В.И., Ивахник А.В., Ивахник В.П., Бухтилова М.А. Химический принцип модифицирования пластичных смазочных материалов наноразмерными добавками// Актуальные вопросы машиноведения. 2014. Т. 3. С. 282-284.

3. Сафонов В.В., Азаров А.С. Трибологические свойства модификаций пластичных смазок// Мехатроника, автоматика и робототехника. 2019. №4. С. 39-41.

4. Padgurskas J., et al. Tribological properties of lubricant additives of Fe, Cu and Co nanoparticles // Tribology International - 2013, vol.60, №4б, p.224 – 232.

5. Hainsworth S.V., Uhure N.J. Dimond – like Carbon Coating for Tribology: Production Techniques // International Materials Reviews. – 2007. – Vol.52, №3б, P. 153-174.

6. Нагдаев В.К., Вязинкин В.С., Забродская А.В., Остриков В.В., Сафонов В.В., Першин В.Ф. Результаты исследования смазки модифицированной многослойным графеном //Наука в центральной России. – 2021. - №2 (50). – С. 71 -77.

7. Горячева И.Г. Механика фрикционного взаимодействия. М.: Наука, 2001. С. 245-309

8. Физическая энциклопедия. Т. 5. Под ред. А.М. Прохорова. М.: Большая Российская Энциклопедия, 1998. С. 165

9. Иванов А.П. О трении качения. ДАН. 2019. Т. 485. №3. С. 295-299.

References

1. Levchenko V. A., Buyanovskiy I.A., Bol'shakov A. N., Matveyenko V. N. Zelenaya tribologiya: oriyentatsionnyye svoystva uglerodnykh almazopodobnykh pokrytiy tribologicheskikh uzlov v smazochnykh sredakh //Zhurnal prikladnoy khimii. 2019. T. 92. Vyp. 12. – S. 1499-1513.

2. Zhornik V.I., Ivakhnik A.V., Ivakhnik V.P., Bukhtilova M.A. Khimicheskiy printsip modifitsirovaniya plastichnykh smazochnykh materialov nanorazmernymi dobavkami// Aktual'nyye voprosy mashinovedeniya. 2014. T. 3. S. 282-284.

3. Safonov V.V., Azarov A.S. Tribologicheskiye svoystva modifikatsiy plastichnykh smazok// Mekhatronika, avtomatika i robototekhnika. 2019. №4. S. 39-41.

4. Padgurskas J., et al. Tribological properties of lubricant additives of Fe, Cu and Co nanoparticles // Tribology International - 2013, vol.60, №4b, r.224 – 232.

5. Hainsworth S.V., Uhure N.J. Dimond – like Carbon Coating for Tribology: Production Techniques // International Materials Reviews. – 2007. – Vol.52, №3b, P. 153-174.

6. Nagdayev V.K., Vyazinkin V.S., Zabrodskaya A.V., Ostrikov V.V., Safonov V.V., Pershin V.F. Rezul'taty issledovaniya smazki modifitsirovannoy mnogosloynym grafenom //Nauka v tsentral'noy Rossii. – 2021. - №2 (50). – S. 71 -77.

7. Goryacheva I.G. Mekhanika friktsionnogo vzaimodeystviya. M.: Nauka, 2001. S. 245-309

8. Fizicheskaya entsiklopediya. T. 5. Pod red. A.M. Prokhorova. M.: Bol'shaya Rossiyskaya Entsiklopediya, 1998. S. 165

9. Ivanov A.P. O trenii kacheniya. DAN. 2019. T. 485. №3. S. 295-299.

Сведения об авторах
Принадлежность к организации

Нагдаев Владимир Константинович – кандидат химических наук, ведущий научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Першин Владимир Федорович - доктор технических наук, профессор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, e-mail: pershin.home@mail.ru

Вигдорович Михаэль – доктор физико-математических наук, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», Россия, г. Тамбов, профессор ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов, директор Angara GmbH, Германия, г. Дюссельдорф, e-mail: mv016@yahoo.com.

Остриков Валерий Васильевич –доктор технических наук, профессор, главный научный сотрудник ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт использования техники и нефтепродуктов в сельском хозяйстве», профессор кафедры «Стандартизации, метрологии и технического сервиса ФГБОУ ВО «Мичуринский ГАУ», Россия, г. Тамбов, e -mail: viitinlab8@bk.ru

Сафонов Валентин Владимирович - доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое обеспечение АПК» ФГБОУ ВО «Саратовский ГАУ имени Н. И. Вавилова», Россия, г. Саратов, e-mail: safonow2010sgau@yandex.ru

Алхило Земан Абуд А.А. – аспирант ФГБОУ ВО «Тамбовский государственный технический университет», Россия, г. Тамбов.

Author credentials
Affiliations

Nagdaev Vladimir – Candidate of Chemical Sciences, Leading Researcher, All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru.

Pershin Vladimir - Doctor of Technical Sciences, Professor, Tambov State Technical University, Russia, Tambov, e-mail: pershin.home@mail.ru

Vigdorovich Mikhael - Doctor of Physical and Mathematical Sciences, Chief Researcher of the All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Russia, Tambov, Professor of the Tambov State Technical University, Russia, Tambov, director of Angara GmbH, Germany, Dusseldorf, e-mail: mv016@yahoo.com.

Ostrikov Valery - Doctor of Technical Sciences, Professor, Chief Researcher of the All-Russian Research Institute for the Use of Machinery and Petroleum Products in Agriculture, Professor of the Department of Standardization, Metrology and Technical Service of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Michurinsky GAU", Russia, Tambov, e-mail: viitinlab8@bk.ru

Safonov Valentin - Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of "Technical support of the agro-industrial complex" of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saratov State Agrarian University named after N.I. Vavilov", Russia, Saratov, e-mail: safonow2010sgau@yandex.ru

Alhilo Zeman Abud – PhD student of Tambov State Technical University, Russia, Tambov

Поступила в редакцию (Received): 10.01.2022 Принята к публикации (Accepted): 22.01.2022

УДК 620.197.7:631.17
DOI: 10.35887/2305-2538-2022-1-118-134

ЛАКОКРАСОЧНЫЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ЗАЩИТЫ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ТЕХНИКИ ОТ КОРРОЗИИ

[1]Князева Лариса Геннадьевна,
[1]Петрашев Александр Иванович,
[1]Дорохов Андрей Валерьевич,
[1]Курьято Николай Алексеевич,