

УДК 656.13

© А. Н. Новиков, д-р техн. наук, профессор
© А. Ю. Родичев, канд. техн. наук, доцент
© А. В. Горин, канд. техн. наук, доцент
© М. А. Токмакова, аспирант
(Орловский государственный университет
им. И. С. Тургенева, г. Орел, Россия)
E-mail: srmostu@mail.ru, rodfox@yandex.ru,
gorin57@mail.ru, tokmakovamaria57@mail.ru

DOI 10.23968/1999-5571-2021-18-1-157-163

© A. N. Novikov, Dr. Sci. Tech., Professor
© A. Y. Rodichev, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© A. V. Gorin, PhD in Sci. Tech., Associate Professor
© M. A. Tokmakova, post-graduate student
(Oryol State University
named after I. S. Turgenev, Oryol, Russia)
E-mail: srmostu@mail.ru, rodfox@yandex.ru,
gorin57@mail.ru, tokmakovamaria57@mail.ru

ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ РАБОТОСПОСОБНОСТИ БАЛАНСИРНОЙ ПОДВЕСКИ ГРУЗОВОГО АВТОМОБИЛЯ

TECHNOLOGICAL SUPPORT FOR THE PERFORMANCE OF THE TRUCK CENTERPOINT SUSPENSION

Рассмотрены основные методы и способы диагностики, сервисного обслуживания и ремонта балансирной подвески. Приводятся результаты теоретического расчета размерных цепей соединений «корпус балансира–подшипник скольжения» и «подшипник скольжения–ось балансира». По результатам экспериментальных исследований построен график износа подшипника скольжения в зависимости от величины начального технологического зазора между подшипником скольжения и осью балансира. Предложен перспективный способ уменьшения технологического зазора между осью балансира и подшипниками скольжения. Даны рекомендации по применению предложенного способа.

Ключевые слова: техническое обслуживание, ремонт, подшипник скольжения, пленочное покрытие, антифрикционные свойства.

The main methods and techniques of diagnostics, service and repair of the centerpoint suspension are considered. The results of the theoretical calculation of the dimensional chains of the connections «balancer body–sliding bearing» and «sliding bearing–balancer axis» are given. Based on the results of experimental studies, a graph of the wear of the sliding bearing was constructed depending on the value of the initial technological gap between the sliding bearing and the axis of the balance beam. A promising method for reducing the technological gap between the axis of the balancer and the sliding bearings is proposed. Recommendations for the application of the considered method are given.

Keywords: maintenance, repair, sliding bearing, film coating, antifriction properties.

В настоящее время автомобильный грузовой транспорт имеет неоспоримое преимущество при перевозке грузов местного назначения. Причиной этому является его мобильность, проходимость, а также возможность перевозки грузов различного назначения, то есть его универсальность. При этом себестоимость транспортных расходов при использовании автомобилей — самая низкая по сравнению с железнодорожным, авиационным и другими видами транспорта. Наибольшее применение в нашей стране получили грузовые автомобили производственных объединений КамАЗ, КрАЗ, МАЗ. Автомобили

данных марок обладают большой грузоподъемностью, имеют повышенную проходимость и достаточную маневренность. Автотранспорт работает в различных условиях эксплуатации, которые характеризуются разным типом дорожного покрытия и климатическими условиями, постоянно изменяющемся скоростном режиме перемещения и непостоянным качеством смазочных и горючесмазочных материалов [1, 2]. Поэтому одним из основных критериев выбора грузовых автомобилей является его надежность, которая складывается из долговечности, ремонтпригодности и сохраняемости [3–5].

Имеющиеся научные и методические разработки по безотказности как одному из свойств надежности недостаточно полно учитывают влияние конструкторско-производственных, эксплуатационных факторов и их влияние на повышение надежности автомобилей [6]. Одним из таких примеров может быть задняя балансирная подвеска грузового автомобиля. Конструкции этих подвесок различных производителей могут отличаться друг от друга [7]. Неизменным элементом балансирной подвески являются кронштейны, жестко установленные в задней нижней части рамы автомобиля, в которых вмонтированы оси. На них с помощью подшипников скольжения установлены балансиры. Благодаря такой конструкции задние мосты автомобиля и вся их подвеска, включая рессоры, образует тележку, которая может в ограниченных пределах свободно качаться как единое целое на осях балансиров — это дает автомобилю возможность преодолевать небольшие и крупные неровности дороги, так как качающиеся движения тележки исключают крен и кручение рамы. Основной частью балансирного устройства грузового автомобиля, как и у большинства других, являются две оси с кронштейнами и башмаками балансира с запрессованными в них подшипниками скольжения из антифрикционного сплава [8, 9].

Применение подшипников скольжения в балансирных устройствах тесно связано с тем, что подшипники скольжения отличаются повышенными антифрикционными свойствами, способностью воспринимать значительные силовые воздействия, высокой коррозионной стойкостью. Чаще всего это подшипники скольжения типа «втулка». Они выполнены из сплава на основе меди, в большинстве случаев это бронза. Ресурс работы балансирной подвески непосредственно зависит от состояния подшипников скольжения. Таким образом, основной дефект задней подвески грузового транспорта — износ подшипников скольжения балансира [10]¹. Конструктивные и технологические особенности данного узла [11] не позволяют своевременно выявить износ подшипников скольжения, выполненных из антифрикционного материала, что приводит к увеличению технологического

зазора между осью и подшипником скольжения, что влечет за собой в короткий срок полное разрушение антифрикционного подшипника скольжения [12]. Если учесть, что транспортное средство эксплуатируется в сложных условиях и при этом все элементы подвески испытывают колоссальные нагрузки, любая неисправность вызывает массу проблем, многократно повышается риск полного разрушения неисправного компонента. А если предположить о такой возможности во время движения транспортного средства, то в большей степени вероятности автомобиль может получить критический крен, из-за чего возникнет аварийная ситуация. При проведении технического обслуживания и ремонта балансирной подвески грузового автомобиля довольно сложно обеспечить установку подшипников скольжения с необходимой технологической точностью и возможностью компенсации возникших в процессе эксплуатации зазоров. Из сказанного следует, что диагностирование и совершенствование технического обслуживания подвески в реальных условиях эксплуатации имеет большое значение для повышения надежности автомобилей большой грузоподъемности.

Чтобы правильно представить проблему образования технологических зазоров в сопряжениях балансирного устройства, необходимо рассмотреть его конструкцию (рис. 1).

В каждом балансирном устройстве (башмак балансира) установлены два подшипника скольжения. На грузовом автомобиле находятся два балансирных устройства, по одному с каждой стороны. При разборке в случае износа выше допустимого значения осей, подшипников скольжения и балансирного устройства оси шлифуются до устранения следов износа и устанавливаются ремонтные. Ремонтные подшипники скольжения имеют уменьшенные по внутреннему диаметру размеры. Существуют четыре основных типа втулок, которые изготовлены из разных материалов (бронзовые, алюминиевые, сплав алюминия с цинком, фторопластовые).

Допустимый зазор между осью и подшипниками скольжения балансира по паспорту завода-изготовителя составляет 1 мм [13]. Во время работы при таком зазоре на подшипник скольжения приходятся огромные нагрузки, особенно при разворотах грузового автомобиля.

¹ Руководство по ремонту и техническому обслуживанию автомобилей КамАЗ. М.: Изд-во «За рулем», 2001. 289 с.

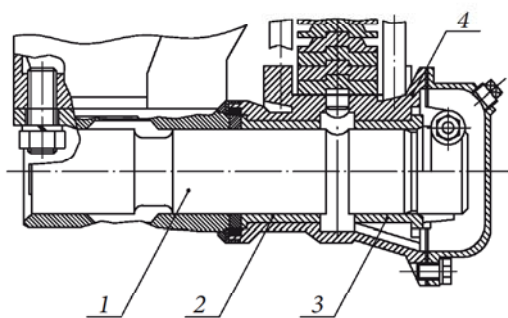


Рис. 1. Схема установки подшипников скольжения в балансирной подвеске: 1 — оси; 2 и 3 — подшипники скольжения; 4 — балансирное устройство

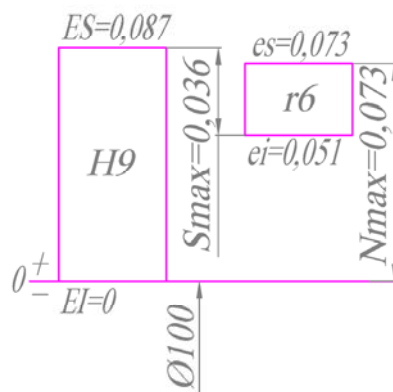


Рис. 2. Схема отклонений «корпус балансир-подшипник скольжения»

Из-за неисправной подвески автомобиля происходит увеличение вертикальных и угловых нагрузок, возможности взаимодействия подвески с кузовом и другими узлами и агрегатами.

При ремонте и техническом обслуживании балансирной подвески необходимо обеспечить соосность при запрессовке в балансир подшипников скольжения, учитывая при этом, что зазор в сопряжении «подшипник скольжения-ось балансира» должен быть минимальным. Существует два способа: первый способ — расточка внутреннего подшипника скольжения до необходимого диаметра с последующей запрессовкой его в балансир; второй — запрессовка втулок с последующей расточкой двух втулок за один проход до необходимого размера [14].

Теоретический расчет размерных цепей соединения [15] показывает, что сопряжение «корпус балансира-подшипник скольжения» на Ø100 мм с посадкой H9/r6 дает следующие отклонения: $\text{Ø}100\text{H}9_0^{+0,087}$ и $\text{Ø}100\text{r}6_{-0,051}^{+0,073}$ (рис. 2).

Таким образом,

$$S_{\min} = 0 - (0,073) = -0,073 \text{ мм} = -73 \text{ мкм};$$

$$S_{\max} = +0,087 - (-0,051) = 0,036 \text{ мм} = -36 \text{ мкм}.$$

При этом следует учесть, что посадочное место балансира под подшипник скольжения обычно имеет форму конуса или эллипса. Вышеперечисленное позволяет сделать вывод о том, что при первом способе установки соосность двух подшипников скольжения не будет соблюдена.

Рассмотрим сопряжение «подшипник скольжения-ось балансира» должно иметь гарантированный зазор, который обеспечит работоспо-

собность узла. Теоретический расчет при посадке H11/c8 на Ø88 мм дает следующие отклонения: $\text{Ø}88\text{H}11_0^{+0,220}$ и $\text{Ø}88\text{c}8_{-0,224}^{-0,170}$, представленные на рис. 3.

Таким образом,

$$S_{\min} = 0 - (-0,170) = 0,170 \text{ мм} = 17 \text{ мкм};$$

$$S_{\max} = +0,220 - (-0,224) = 0,444 \text{ мм} = 444 \text{ мкм}.$$

Это показывает, что при сборке мы получаем гарантированный зазор. Однако зазор имеет большой разброс размеров в сопряжение «подшипник скольжения-ось балансира». Для определения влияния зазора в этом сопряжении был проведен натурный эксперимент. При проведении ремонта балансирной подвески грузовых автомобилей (рис. 4) были проведены замеры зазора между осью балансира и подшипником скольжения. Замеры проводились двумя способами:

- теоретическим (зазор определялся как разница отдельных многократных измерений вну-

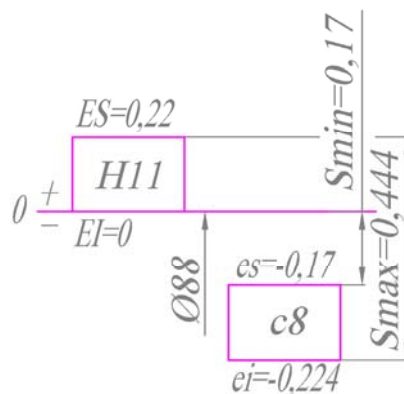


Рис. 3. Схема отклонений «подшипник скольжения-ось балансира»

тренного диаметра подшипника скольжения и наружного диаметра оси балансира);

- практическим (после монтажа и установки всех деталей балансирующей подвески проводим замеры с помощью контрольных щупов, вставляя поочередно пластинки щупа в зазор между подшипником скольжения и осью балансира в верхней его части, до определения методом подбора пластин его реального значения).

Замеры проводились у пяти грузовых автомобилей по наружному подшипнику скольжения. Расхождение теоретических и практических замеров составило не более 2 %. Проверка состоя-

ния балансирующей подвески грузовых автомобилей, в частности износа подшипника скольжения, проводилась спустя 1,5 года эксплуатации. Пробег автомобилей составил от 64–84 тыс. км.

Анализ результатов проведенных экспериментальных исследований позволил построить график зависимости износа I подшипников скольжения от начального зазора S в сопряжении «подшипник скольжения–ось балансира (рис. 5).

В отдельных случаях при отсутствии должной диагностики балансиров происходит неконтролируемый износ, который может привести



Рис. 4. Ремонт балансирующей подвески автомобиля КамАЗ

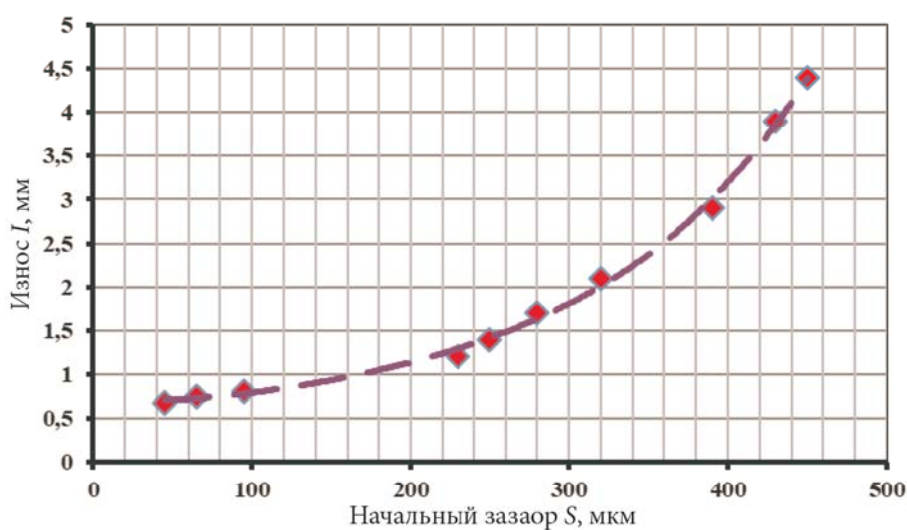


Рис. 5. График зависимости износа подшипников скольжения от зазора в сопряжении «подшипник скольжения–ось балансира»

к полному разрушению подшипника скольжения (рис. 6).

Одним из перспективных способов уменьшения зазора между осью балансира и подшипниками скольжения является расточка подшипников с последующим нанесением на его поверхность пленочного антифрикционного покрытия [16, 17]. Нанесения пленочных антифрикционных покрытий можно производить при техническом обслуживании и ремонте без использования сложного оборудования (рис. 7).

Толщина наносимых антифрикционных покрытий составляет 40–60 мкм, что позволит



Рис. 6. Башмак балансира с разрушенным подшипником скольжения

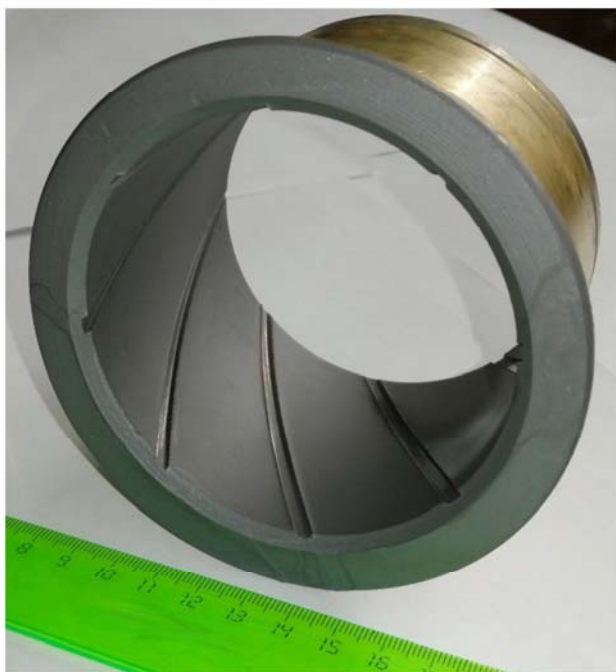


Рис. 7. Подшипник скольжения с нанесенным пленочным антифрикционным покрытием на внутреннюю поверхность

уменьшить технологический зазор в сопряжении «подшипник скольжения–ось балансира», при этом химический состав антифрикционного покрытия позволяет предположить о возникновении эффекта «дополнительной смазки» в рассматриваемом нами узле.

Обсуждение и заключение

Представленный выше материал позволяет сделать следующие выводы. Для обеспечения безопасного передвижения тяжело нагруженного грузового автотранспорта необходимо проводить диагностику рабочего зазора балансирной подвески автомобиля. Чем меньше зазор между осью балансира и подшипниками скольжения, тем больше времени понадобится для износа подшипника скольжения до критического размера. С каждой десятой долей миллиметра износ подшипника скольжения возрастает в разы, так как увеличение зазора между осью балансира и подшипниками скольжения позволяет балансиру совершать амплитудные движения в разных плоскостях, что вызывает износ оси и самих втулок.

Таким образом, наиболее простой способ уменьшения рабочего зазора — нанесение пленочных антифрикционных покрытий на поверхности подшипника скольжения балансира. Данный способ позволяет увеличить ресурс работы балансира подвески автомобиля.

Библиографический список

1. Zudov G. Yu., Buslaeva I. I., Levin A. I. New approach to assessment of influence of climatic temperatures on working capacity of KAMAZ trucks in the North // *Procedia Structural Integrity*, Vol. 20, 2019, Pp. 300–305.
2. Yakovleva S. P., Buslaeva I. I., Makharova S. N., Levin A. I. Damage, brittle fracture resistance and working capacity of a KAMAZ vehicle leaf spring when operating in the North // *Procedia Structural Integrity*, Vol. 20, 2019, Pp. 154–160.
3. Кравченко И. Н., Зорин В. А., Пучин Е. А., Бондарева Г. Н. Основы надежности машин. М.: Москва, 2007. 484 с.
4. Кох П. И. Климат и надежность машин. // М.: Машиностроение, 1981. 175 с.
5. Lindén J., Söderberg A., Sellgren U. Reliability assessment with varying operating conditions // *Procedia CIRP*, Vol. 50, 2016, Pp. 796–801.

6. Ременцов А. Н., Фролов Ю. Н., Воронов В. П. Системы, технологии и организация услуг в автомобильном сервисе. М.: Академия, 2013. 480 с.

7. Гаврилов В. И. Повышение безотказности транспортных средств при использовании в сельском хозяйстве за счет диагностирования подвески (на примере автомобиля КамАЗ): автореф. ... канд. техн. наук. Волгоград, 2010. 20 с.

8. Машков Е. А. Техническое обслуживание и ремонт автомобилей КамАЗ-5320, 53211, 53212, 53213, 5410, 54112, 55111, 55102 // Иллюстрированное издание. М.: Изд-во «Третий Рим», 1997. 88 с.

9. Дроздов Ю. Н., Юдин Е. Г., Белов А. И. Прикладная трибология (трение, износ, смазка). М.: Эко-Пресс, 2010. 604 с.

10. Кутков А. А. Износостойкие и антифрикционные покрытия. М.: Машиностроение, 1976. 152 с.

11. Токмаков Н. В., Родичев А. Ю., Поляков Р. Н., Сытин А. В., Токмакова М. А. Контроль и восстановление подшипников скольжения при сервисном обслуживании автомобильной и дорожно-строительной техники // Мир транспорта и технологических машин. 2018. № 3 (62). С. 19–27.

12. Титунин Б. А. Ремонт автомобилей КамАЗ. М.: Книга по Требованию, 2012. 284 с.

13. Кузнецов А. С. Автомобили КамАЗ с колесной формулой 6×4 и 6×6. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту. М.: Третий Рим, 2012. 268 с.

14. Соловьев С. Н., Клименко Л. П., Буду С. Ж., Трофимова Е. В. Триботехнология: словарь-справочник. Николаев: НГТУ им. Петра Могилы, 2003. 384 с.

15. Чернец М. В., Клименко Л. П., Пашечко М. И., Невчас А. В. Трибомеханика, триботехника, триботехнологии: Механика трибоконтактного взаимодействия при скольжении. Николаев: НГТУ им. Петра Могилы, 2006. 476 с.

16. Gorin A. V., Rodichev A. Y., Tokmakova M. A. Adhesive strength research of film antifriction coatings // Materials Today: Proceedings, Vol. 19, Part 5, 2019, Pp. 2329–2332.

17. Gorin A. V., Rodichev A. Y., Tokmakov N. V. Formation of film antifriction coatings on the friction surfaces of machine parts // IOP Conference Series: Materials Science and Engineering ICMTMTE 2019, 2020, Vol. 709, Issue 1, 709 022053. Pp. 1–6.

References

1. Zudov G. Yu., Buslaeva I. I., Levin A. I. New approach to assessment of influence of climatic temperatures on working capacity of KAMAZ trucks in the North. *Procedia Structural Integrity*, 2019, vol. 20, pp. 300–305.

2. Yakovleva S. P., Buslaeva I. I., Makharova S. N., Levin A. I. Damage, brittle fracture resistance and working capacity of a KAMAZ vehicle leaf spring when operating in the North. *Procedia Structural Integrity*, 2019, vol. 20, pp. 154–160.

3. Kravchenko I. N., Zorin V. A., Puchin E. A., Bondareva G. N. *Osnovy nadezhnosti mashin* [Fundamentals of machine reliability]. Moscow, 2007, 484 p.

4. Kox P. I. *Klimat i nadezhnost' mashin* [Climate and machine reliability]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1981, 175 p.

5. Lindén J., Söderberg A., Sellgren U. Reliability assessment with varying operating conditions. *Procedia CIRP*, 2016, vol. 50, pp. 796–801.

6. Rementsov A. N., Frolov Yu. N., Voronov V. P. *Sistemy, tekhnologii i organizatsiya uslug v avtomobil'nom servise* [Systems, technologies and organization of services in car service]. Moscow, Akademiya Publ., 2013, 480 p.

7. Gavrilov V. I. *Povyshenie bezotkaznosti transportnykh sredstv pri ispol'zovanii v sel'skom khozyaystve za schet diagnostirovaniya podveski (na primere avtomobilya KamAZ)*. Avtoref. kand. tekhn. nauk [Improving the reliability of vehicles when used in agriculture by diagnosing the suspension (on the example of KAMAZ vehicles). Author's thesis of PhD in Sci. Tech. diss.]. Volgograd, 2010, 20 p.

8. Mashkov E. A. *Tekhnicheskoe obsluzhivanie i remont avtomobily KamAZ-5320, 53211, 53212, 53213, 5410, 54112, 55111, 55102*. *Illyustrirovannoe izdanie* [Mashkov E. A. Maintenance and repair of KamAZ-5320, 53211, 53212, 53213, 5410, 54112, 55111, 55102. Illustrated edition]. Moscow, Tretiy Rim Publ., 1997, 88 p.

9. Drozdov Yu. N., Yudin E. G., Belov A. I. *Prikladnaya tribologiya (trenie, iznos, smazka)* [Applied tribology (friction, wear, lubrication)]. Moscow, Eko-Press Publ., 2010, 604 p.

10. Kut'kov A. A. *Iznosostoykie i antifriktsionnye pokrytiya* [Wear-resistant and anti-friction coatings]. Moscow, Mashinostroenie Publ., 1976, 152 p.

11. Tokmakov N. V., et al. *Kontrol' i vosstanovlenie podshipnikov skol'zheniya pri servisnom obsluzhivanii avtomobil'noy i dorozhno-stroitel'noy tekhniki* [Control and restoration of plain bearings during service maintenance of automobile and road-building equipment]. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin – World of transport and technological machines*, 2018, no. 3 (62), pp. 19–27.

12. Titunin B. A. *Remont avtomobily KamAZ* [Repair of KamAZ automobile]. Moscow, Kniga po Trebovaniyu Publ., 2012, 284 p.

13. Kuznetsov A. S. *Avtomobili KamAZ s kolesnoy formuloy 6×4 i 6×6. Rukovodstvo po ekspluatatsii, tekhnicheskomu obsluzhivaniyu i remontu* [KamAZ Automobiles with wheel arrangement 6x4 and 6x6. Operation manual, maintenance and repair]. Moscow, Tretiy Rim Publ., 2012, 268 p.

14. Solov'ev S. N., Klimenko L. P., Budu S. Zh., Trofimova E. V. *Tribotekhnologiya: slovar'-spravochnik* [Tribotechnology: dictionary-reference]. Nikolaev, NGGU im. Petra Mogily Publ., 2003, 384 p.

15. Chernets M. V., Klimenko L. P., Pashechko M. I., Nevchas A. B. *Tribomekhanika, tribotekhnika, tribotekhnologii: Mekhanika tribokontaktного*

vzaimodeystviya pri skol'zhenii [Tribomechanics, tribotechnics, tribotechnologies. Mechanics of tribo-contact interaction during sliding]. Nikolaev, NGTU im. Petra Mogily Publ., 2006, 476 p.

16. Gorin A. V., Rodichev A. Y., Tokmakova M. A. Adhesive strength research of film antifriction coatings. *Materials Today: Proceedings*, 2019, vol. 19, Pt. 5, pp. 2329–2332.

17. Gorin A. V., Rodichev A. Y., Tokmakov N. V. Formation of film antifriction coatings on the friction surfaces of machine parts. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering ICMTMTE*, 2019, 2020, vol. 709, iss. 1, 709 022053, pp. 1–6.