

Научная статья

Статья в открытом доступе

УДК 620.199

doi: 10.30987/2782-5957-2023-12-29-35

## ВЛИЯНИЕ СМАЗОЧНЫХ МАТЕРИАЛОВ НА ИЗНОСОСТОЙКОСТЬ СТАЛЬНЫХ ОЦИНКОВАННЫХ КАНАТОВ, ЭКСПЛУАТИРУЮЩИХСЯ ПРИ ОТРИЦАТЕЛЬНЫХ ТЕМПЕРАТУРАХ И В МОРСКОЙ ВОДЕ

Василий Петрович Головин<sup>1✉</sup>, Владимир Юрьевич Шолом<sup>2</sup>, Ольга Леонидовна Крамер<sup>3</sup>, Ольга Павловна Корнилова<sup>4</sup>, Александр Иванович Голубков<sup>5</sup>, Светлана Александровна Саранцева<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Хозрасчетный творческий центр Уфимского авиационного института, Уфа, Россия

<sup>1</sup> golovin\_vasy@mail.ru

<sup>2</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>3</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>4</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>5</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>6</sup> rosoil@rosoil.ru

### Аннотация

Целью данной работы являлось установление влияния различных смазочных материалов на износостойкость стального оцинкованного каната, изготовленного по ГОСТ 2688-80 «Канаты двойной свивки типа ЛК-Р 6×19(1+6+6/6) +1 о.с. Сортамент». Исследования проводили на пробной машине изготовленной по ГОСТ 2387-80 «Канаты стальные, метод испытаний на выносливость» при нормальных условиях, при отрицательных температурах и при периодическом воздействии морской воды. Показано, что многие применяемые российскими металлургическими предприятиями канатные смазки для пропитки стального оцинкованного каната, при периодическом воздействии морской воды, снижают его износостойкость от 16 до 34%, по отношению к не смазанному канату. Только универсальная канатная смазка Росойл-К112 показала увеличение износостойкости стального оцин-

кованного каната на 23 %. Установлено, что смазки, максимально увеличивающие износостойкость стального оцинкованного каната при его эксплуатации в нормальных климатических условиях, оказались полностью не работоспособны при отрицательных температурах или воздействии морской воды. В результате проведенной работы выявлено, что для увеличения износостойкости стального оцинкованного каната необходимы дополнительные исследования по изучению взаимодействия оцинкованного покрытия и смазочного материала в условиях периодического воздействия морской воды, а также проведения промышленных испытаний стального оцинкованного каната, смазанного универсальной канатной смазкой Росойл-К112.

**Ключевые слова:** износостойкость, смазка, канат, морская вода, испытания.

Ссылка для цитирования:

Головин В.П. Влияние смазочных материалов на износостойкость стальных оцинкованных канатов, эксплуатирующихся при отрицательных температурах и в морской воде / В.П. Головин, В. Ю. Шолом, О. Л. Крамер, О. П. Корнилова, А. И. Голубков, С. А. Саранцева // Транспортное машиностроение. – 2023. - № 12. – С. 29-35. doi: 10.30987/2782-5957-2023-12-29-35.

Original article

Open Access Article

## THE EFFECT OF LUBRICANTS ON THE WEAR RESISTANCE OF GALVANIZED STEEL ROPES, OPERATED AT NEGATIVE TEMPERATURES AND IN SEAWATER

# Vasily Petrovich Golovin<sup>1</sup>✉, Vladimir Yurievich Sholom<sup>2</sup>, Olga Leonidovna Kramer<sup>3</sup>, Olga Pavlovna Kornilova<sup>4</sup>, Aleksandr Ivanovich Golubkov<sup>5</sup>, Svetlana Aleksandrovna Sarantseva<sup>6</sup>

<sup>1,2,3,4,5,6</sup> Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute, Ufa, Russia.

<sup>1</sup> golovin\_vasy@mail.ru

<sup>2</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>3</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>4</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>5</sup> rosoil@rosoil.ru

<sup>6</sup> rosoil@rosoil.ru

## Abstract

The paper objective is to find out the effect of various lubricants on the wear resistance of galvanized steel ropes manufactured according to GOST 2688-80 *Two lay rope type ЛК-Р construction 6 19(1 +6+6/6)+ 1 o. c. Dimensions*. The research was carried out on a machine manufactured according to GOST 2387-80 *Stell Ropes. Method of Endurance testify* under normal conditions, at negative temperatures and under periodic exposure to seawater. It is shown that many rope lubricants used by Russian metallurgical enterprises for impregnating galvanized steel ropes, when periodically exposed to seawater, reduce their wear resistance from 16 to 34% in relation to non-lubricated ropes. Only the universal rope lubricant Rosoil-K112 showed an increase in the wear resistance of galvanized steel

rope by 23%. It was found that lubricants that maximize the wear resistance of galvanized steel rope during its operation in normal climatic conditions turned out to be completely ineffective at negative temperatures or when exposed by seawater. As a result of the work carried out, it was revealed that in order to increase the wear resistance of galvanized steel rope, additional studies are needed to investigate the interaction of galvanized coating and lubricating material under conditions of periodic exposure to seawater, as well as industrial tests of galvanized steel rope lubricated with universal rope lubricant Rosoil-K112.

**Keywords:** wear resistance, lubrication, rope, seawater, tests.

## Reference for citing:

Golovin VP, Sholom VYu, Kramer OL, Kornilova OP, Golubkov AI, Sarantseva SA. The effect of lubricants on the wear resistance of steel galvanized ropes operated at negative temperatures and in seawater. *Transport Engineering*. 2023;12:29-35. doi:10.30987/2782-5957-2023-12-29-35.

## Введение

Стальной канат – сложная, неремонтопригодная конструкция, представляющая собой множество переплетенных между собой стальных проволочек по различным схемам, в зависимости от его назначения и применения [1-5].

Сегодня стальные канаты используются в промышленности, строительстве, автомобилестроении и других областях, и сферах деятельности человека. Так как сфера применения стального каната очень огромна, то и условия эксплуатации очень разнообразны, в связи с чем возникла необходимость производства стальных канатов из оцинкованной проволоки. Стальной оцинкованный канат применяется вместо стального троса в областях с повышенной агрессивностью внешней среды, что значительно повышает его износостойкость.

Основными областями применения стального оцинкованного каната являются, судоходство, строительство, химическая и пищевая промышленность. Например, в

судоходстве стальные оцинкованные канаты применяются в качестве стоячего и бегучего такелажа, швартовов и буксиров, в грузоподъемных устройствах, для крепления предметов на корабле, для водолазных работ, в минно-тральном деле, в приборах и механизмах, при такелажных и других работах.

В соответствии с техническими условиями изготовления стального каната, ГОСТ 3241-91 «Канаты стальные. Технические условия (с Изменениями №1, 2, 3)» [6], канаты подразделяются по виду покрытия из оцинкованной проволоки, в зависимости от поверхностной плотности цинка – С, Ж, ОЖ, так же по п. 2.1.4. Канаты из проволоки без покрытия и оцинкованной должны быть смазаны канатными смазками по нормативно-технической документации. По согласованию изготовителя с потребителем допускается нанесение на канат других видов смазок.

На Российском рынке представлено множество отечественных и импортных

смазочных материалов предназначенных для смазки стальных канатов, эксплуатирующихся в определенных условиях.

Наиболее известной смазкой для стальных канатов, эксплуатирующихся при отрицательных температурах, является защитная антифрикционная пластичная смазка Торсиол-55, предназначенная для смазывания в процессе изготовления и эксплуатации стальных канатов из проволоки без покрытия и оцинкованной проволоки, работающих в интервале температур от минус 50 °С до плюс 50 °С [12]. Также широк применяется смазка ПВК, народное название «пушсало» или «пушечная», предназначенная для защиты от коррозии поверхностей металлических изделий при температурах от минус 50 до плюс 50 °С в условиях складского хранения и рекомендованная ГОСТ 2172-80 «Канаты стальные авиационные. Технические условия» для смазки стального каната в процессе изготовления.

Широкое применение на отечественных металлургических предприятиях, производящих стальные канаты, получили и импортные канатные смазки, произведенные компанией *NYROSTEN Korrosionsschutz GmbH+Co* (Германия). Канатная смазка *Nyrosten T55* является уни-

### Материалы и методы исследования

Для сравнительных испытаний были отобраны образцы отечественных и зарубежных канатных смазок, применяющиеся российскими металлургическими предприятиями при изготовлении стальных канатов и рекомендованные к применению в определенных условиях, а также универсальная канатная смазка Росойл-К112, разработанная сотрудниками «Технопарка ХТЦ УАИ-Росойл» для защиты стального каната, работающего при отрицательных температурах и в коррозионно – активных средах.

Для определения износостойкости стального каната, на ОАО «Белорецкий Металлургический Комбинат» был изготовлен оцинкованный канат в соответствии с ГОСТ 2688-80 «Канаты двойной свивки типа ЛК-Р 6×19(1+6+6/6) +1 о.с. Сортамент» [7], марки 5,6-Г-И-Ж-Н-Р-1770.

версальным средством консервации стальных канатов с обширной областью применения. Рекомендована к применению во всех областях промышленности, особенно подходит для применения в судовой технике при контакте с морской водой.

В связи с широкой областью применения стальных канатов, внешние условия могут сильно отличаться и изменяться в процессе эксплуатации. На стальной канат постоянно воздействуют различные внешние факторы, в том числе и температура, которая может быть как положительной, так и отрицательной, изменение температуры способствует образованию конденсата на поверхности стального каната, вызывая коррозию проволок и снижая износостойкость стального каната.

Поэтому целью данной работы является сравнительный анализ влияния различных канатных смазок на износостойкость стального оцинкованного каната в различных условиях эксплуатации: нормальных климатических условиях при температуре 20±5 °С, при отрицательной температуре минус 60±2 °С, а также при воздействии морской воды. В качестве морской воды использовался 5 %-й водный раствор NaCl.

Стоит отметить, что при изготовлении данного каната, его сердечник, проволока, пряди и канат в целом не пропитывались смазочным материалом.

Образцы оцинкованного стального каната диаметром 5,6 мм, изготовленные по ГОСТ 2688-80 пропитывались различными канатными смазками и испытывались на выносливость в соответствии с ГОСТ 2387-80 «Канаты стальные. Метод испытания на выносливость» [8].

Испытания проводились при скорости вращения барабана 120 колебаний в минуту, обеспечивающей возвратно-поступательные перемещения образца на длине 350 мм. Нагрузка на одну ветвь каната составляла 245 Н. Сменные ролики диаметром 55 мм обеспечивали изгиб образца на 90°. Диаметр сменных роликов и нагрузка на одну ветвь каната выбирались

в зависимости от диаметра каната по ГОСТ 2172-80 «Канаты стальные авиационные. Технические условия» [9].

Износостойкость стального каната оценивалась по количеству перегибов образца каната до его полного разрушения.

Испытания износостойкости стального оцинкованного каната при нормальных климатических условиях проводились при температуре  $20 \pm 5^\circ\text{C}$  и относительной влажности 20 – 70%.

Для испытания износостойкости стального каната при отрицательных температурах, пробегная машина была установлена в климатическую камеру, в которой во время проведения испытаний поддерживалась температура минус  $60 \pm 2^\circ\text{C}$  [10].

Для ускоренных испытаний канатов на выносливость была разработана конструкция пробегной машины в соответствии с ГОСТ 2387-80 «Канаты стальные. Метод испытания на выносливость», которая дополнительно предусматривает периодическое окунание деформируемого участка каната в жидкую коррозионно-активную среду. Воздействие морской воды моделировалось периодическим окунанием испытуемого участка каната в 5 %-й водный раствор NaCl при каждом цикле испытания, для этого пробегная машина дополнительно оснащена емкостью с морской водой [11].

Схема испытаний образца каната показана на рис. 1.

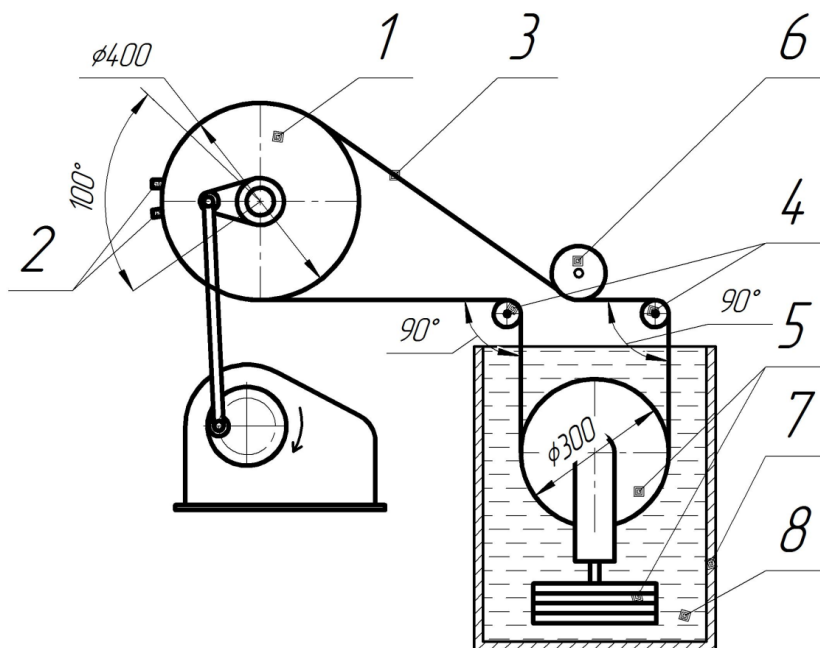


Рис. 1. Машина для испытания канатов на выносливость в жидких средах:  
1 – ведущий барабан; 2 – зажимы для крепления образца каната; 3 – образец каната;  
4 – сменные ролики; 5 – грузовой ролик с грузом; 6 – направляющий ролик;  
7 – съемная емкость; 8 – морская вода

Fig. 1. Rope endurance testing machine in liquid media: 1 – drive drum,  
2 – rope sample clamps, 3 – rope sample, 4 – interchangeable rollers,  
5 – load roller, 6 – guide roller, 7 – removable tank, 8 – seawater

## Результаты

В табл. 1 представлены результаты испытаний стального оцинкованного каната в соответствии с ГОСТ 2387-80, при температуре окружающего воздуха  $15 \dots 25^\circ\text{C}$  и относительной влажности 20...70 %.

Средние значения показателей износостойкости расположены в порядке возрастания от минимального до максимального значения.

Таблица 1

Результаты сравнительных испытаний стального каната на выносливость по ГОСТ 2387-80

Table 1

*Results of comparative endurance tests of steel rope according to GOST 2387-80*

СМ	Без смазки	Росойл-К112	ПВК ГОСТ 19537-83	Торсиол-55 ГОСТ 20458-89	Nyrosten T 55 (Германия)
$X_{max}$	79578	290855	285282	325816	595591
$X_{min}$	65346	119231	208366	255890	346974
$\bar{X}$	73607	226706	237535	299866	449146
$\bar{X}/\bar{X}$ без СМ	1	3,08	3,23	4,07	6,1

Результаты испытаний на износостойкость по ГОСТ 2387-80 в климатической камере при температуре минус  $60 \pm 2$  °С представлены в табл. 2.

Результаты испытаний канатов с периодическим воздействием водной (морской воды) среды представлены в табл. 3.

Таблица 2

Результаты сравнительных испытаний на выносливость по ГОСТ 2387-80 в климатической камере при температуре минус  $60 \pm 5$  °С

Table 2

*Results of comparative endurance tests according to GOST 2387-80 in a climatic chamber at a temperature of minus  $60 \pm 2$  °С.*

СМ	Nyrosten T 55 (Германия)	Без смазки	Росойл-К112	ПВК ГОСТ 19537-83	Торсиол-55 ГОСТ 20458-89
$X_{max}$	46296	47329	78789	89016	85110
$X_{min}$	40580	42932	61919	62413	71503
$\bar{X}$	43508	45190	71430	76266	76919
$\bar{X}/\bar{X}$ без СМ	0,96	1	1,58	1,69	1,7

Таблица 3

Результаты сравнительных испытаний на выносливость по ГОСТ 2387-80 с периодическим окупанием в морскую воду (5 % водный раствор NaCl)

Table 3

*Results of comparative endurance tests according to GOST 2387-80 with periodic dipping in sea water (5% aqueous solution NaCl)*

СМ	ПВК ГОСТ 19537-83	Торсиол-55 ГОСТ 20458-89	Nyrosten T 55 (Германия)	Без смазки	Росойл-К112
$X_{max}$	146682	154056	184844	213695	316233
$X_{min}$	115311	111400	128640	178169	199695
$\bar{X}$	129631	132256	165483	196913	242443
$\bar{X}/\bar{X}$ без СМ	0,66	0,67	0,84	1	1,23

## Выводы

В результате проделанной работы установлено:

1. Применение канатных смазок, увеличивает износостойкость стального оцинкованного каната, эксплуатирующегося в

нормальных климатических условиях (при температуре окружающего воздуха 15...25 °С и относительной влажности 20...70 %), минимум на 200 %.

2. При эксплуатации стального оцинкованного каната при температуре минус 60±2 °С, применение смазочного материала увеличивает износостойкость стального каната на 70%, или уменьшает на 4% по отношению к несмазанному стальному оцинкованному канату, в зависимости от применяемого смазочного материала.

3. Применяемые российскими металлургическими предприятиями канатные смазки для пропитки стального оцинкованного каната, при периодическом воздействии морской воды, снижают его износостойкость от 16 до 34 %, по отношению к не смазанному канату. Только универсальная канатная смазка Росойл-К112

показала увеличение износостойкости стального оцинкованного каната на 23 %.

4. Стоит отметить, что смазки, максимально увеличивающие износостойкость стального оцинкованного каната при его эксплуатации в нормальных климатических условиях, оказались полностью не работоспособны при отрицательных температурах или воздействии морской воды.

5. Авторы считают, что для увеличения износостойкости стального оцинкованного каната необходимы дополнительные исследования по изучению взаимодействия оцинкованного покрытия и смазочного материала в условиях периодического воздействия морской воды, а также проведения промышленных испытаний стального оцинкованного каната, смазанного универсальной канатной смазкой Росойл-К112.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Chaplin, CR, Prediction of fatigue endurance of wire ropes subject to fluctuating tension, OIPEEC Bulletin, 70, 1995, 31-40.
2. Chaplin, CR, 1994. Hoisting ropes for drum winders – the mechanics of degradation, J of the Inst. of Mining Electrical and Mechanical Engineers 76 [877] 1994, 213-219
3. Мархель И.И. Крановые канаты. М.: Машиностроение (1983). 128 с.
4. Evans, JJ, Ridge, IML & Chaplin, CR, 2001. Wire strain variations in normal and overloaded ropes in tension-tension fatigue and their effect on endurance, J of Strain Analysis 36(2): 219-230, and 36(2): 231-244.
5. Feyrer, K. The endurance calculation of wire ropes running over sheaves, Wire 45 (2) 1995 99-103.
6. ГОСТ 3241-91. Канаты стальные. Технические условия (с Изменениями №1, 2, 3). М.: Стандартинформ, 2008. 25 с.
7. ГОСТ 2688-80 Канаты двойной свивки типа ЛК-Р 6×19(1+6+6/6) +1 о.с. Сортамент. М.: ФГУП ИПК ИС, 2002. 9 с.

8. ГОСТ 2387-80 Канаты стальные. Метод испытания на выносливость. М.: ФГУП ИПК ИС, 1980, 7 с.
9. ГОСТ 2172-80 Канаты стальные авиационные. Технические условия. М.: ФГУП ИПК ИС 1980, 9 с.
10. Способ и устройство для испытания канатов на выносливость в жидких и агрессивных средах и при различных температурах: пат. 2640319 Рос. Федерация. N 2016122006 / Шолом В.Ю. [и др.] ; заявл. 02.06.2016 ; опубл. 27.12.2017, Бюл. N20.
11. Абрамов А.Н., Шолом В.Ю., Крамер О.Л., Головин В.П. Стендовые ресурсные испытания стальных канатов // Письма о материалах. 2020. - Vol. 10. - N 2(38). - P. 195-199. doi: 10.22226/2410-3535-2020-2-195-199.
12. Классификатор каталога ГОСТ. Раздел «Смазки антифрикционные общего назначения и многоцелевые». - <https://internet-law.ru/gosts/1528/?ysclid=lp9zltptpf140012211>.

## REFERENCES

1. Chaplin CR. Prediction of fatigue endurance of wire ropes subject to fluctuating tension. OIPEEC Bulletin. 1995;70:31-40.
2. Chaplin CR. Hoisting ropes for drum winders – the mechanics of degradation. J of the Inst. of Mining Electrical and Mechanical Engineers. 1994;76(877):213-219.

3. Markhel II. Crane ropes. Moscow: Mashinostroenie; 1983.
4. Evans JJ, Ridge, Chaplin CR. Wire strain variations in normal and overloaded ropes in tension-tension fatigue and their effect on endurance. J of Strain Analysis. 2001;36(2):219-230.
5. Feyrer K. The endurance calculation of wire ropes running over sheaves. Wire. 1995;45(2):99-103.

6. GOST 3241-91. Steel ropes. Specifications. Moscow: Standartinform; 2008.
7. GOST 2688-80. Two lay rope type ЛК-Р construction 6 19(1 +6+6/6)+ 1 o. c. Dimensions. M.: FSUE IPK IS; 2002.
8. GOST 2387-80. Steel Ropes. Method of Endurance testify. Moscow: FSUE IPK IS; 1980.
9. GOST 2172-80. Steel aircraft ropes. Technical requirements. Moscow: FSUE IPK IS; 1980.
10. Sholom VYu. RF Patent for invention No. 2016122006. Method and device for testing ropes

- for endurance in liquid and aggressive media and at various temperatures. 2017 Dec 27.
11. Abramov AN, Sholom VYu, Kramer OL, Golovin VP. Stand resource tests of steel ropes. Letters on Materials. 2020;10(2(38)):195-199. doi: 10.22226/2410-3535-2020-2-195-199.
12. Classifier of GOST catalog. General purpose and multipurpose antifriction lubricants [Internet]. Available from: <https://internet-law.ru/gosts/1528/?ysclid=lp9zltpptf140012211>.

#### Информация об авторах:

**Головин Василий Петрович** – старший научный сотрудник ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(347)272-47-88.

**Шолом Владимир Юрьевич** – доктор технических наук, доцент, генеральный директор ООО «ХТЦ УАИ», член Межведомственного научного совета по трибологии Российской академии наук, Министерства науки и высшего образования Российской Федерации и Союза научных и инженерных объединений, тел. +7(347)272-47-88.

**Golovin Vasily Petrovich** – Senior Researcher of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: +7(347)272-47-88.

**Sholom Vladimir Yuryevich** – Doctor of Technical Sciences, Associate Professor, Director General of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute, Member of the Interdepartmental Scientific Council on Tribology of the Russian Academy of Sciences, Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation and the Union of Scientific and Engineering Associations; phone: +7(347)272-47-88.

**Крамер Ольга Леонидовна** – зав. химической лабораторией ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(347)272-47-88.

**Корнилова Ольга Павловна** – научный сотрудник, тел. +7(347)272-47-88.

**Голубков Александр Иванович** – гл. технолог ООО «ХТЦ УАИ», тел. 8(937)3606338.

**Саранцева Светлана Александровна** – зав. исследовательской лабораторией ООО «ХТЦ УАИ», тел. +7(927)319-27-22.

**Kramer Olga Leonidovna** – Head of the Chemical Laboratory of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: +7(347)272-47-88.

**Kornilova Olga Pavlovna** - Research Associate; phone: +7(347)272-47-88.

**Golubkov Aleksandr Ivanovich** – Manufacturing Manager of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: +7(937)360-63-38.

**Sarantseva Svetlana Aleksandrovna** - Head of the Research Laboratory of Self-supporting Creative Center of Ufa Aviation Institute; phone: +7(927)319-27-22.

**Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.**  
**Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.**

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**  
**The authors declare no conflicts of interests.**

**Статья опубликована в режиме Open Access.**  
**Article published in Open Access mode.**

Статья поступила в редакцию 10.11.2023; одобрена после рецензирования 23.11.2023; принята к публикации 27.11.2023. Рецензент – Хандожко А.В., доктор технических наук, профессор кафедры «Металлорежущие станки и инструменты» Брянского государственного технического университета, главный редактор журнала «Транспортное машиностроение».

The article was submitted to the editorial office on 10.11.2023; approved after review on 23.11.2023; accepted for publication on 27.11.2023. The reviewer is Khandozhko A.V., Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Metal Cutting Machines and Tools at Bryansk State Technical University, Editor-in-Chief of the journal *Transport Engineering*.