

ТЕХНОЛОГИИ, СРЕДСТВА МЕХАНИЗАЦИИ И ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЕ ОБОРУДОВАНИЕ
В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Научная статья

УДК 620.193, 620.197

doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_18

**ИССЛЕДОВАНИЕ КОНСЕРВАЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ
НА ОСНОВЕ РАСТИТЕЛЬНЫХ МАСЕЛ**

Дмитрий Сергеевич Сазонов^{1✉}, Максим Павлович Ерзамаев², Сергей Николаевич Жильцов³, Евгений Иванович Артамонов⁴

^{1, 2, 3, 4}Самарский государственный аграрный университет, Усть-Кинельский, Самарская область, Россия

¹Sazonov_DS@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5119-8614>

²Erzamaev_MP@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2843-3513>

³Zhiltsov_SN@ssaa.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9680-3198>

⁴artamonov.evgenij.ivanovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-8213>

Цель исследований – повышение эффективности защиты рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий от атмосферной коррозии консервационными материалами на основе растительных масел. Использование растительных масел и отходов их производства в качестве основы для антикоррозионных материалов является хорошей альтернативой нефтяным маслам. Одним из способов защиты от атмосферной коррозии является использование средств временной антикоррозионной защиты на основе растительных масел, они не токсичны, экологически безопасны и возобновляемы, их изготовление возможно непосредственно на самом сельскохозяйственном предприятии. Задачей исследований было оценить защиту углеродистой стали от коррозии консервационными материалами на основе растительных масел при периодической конденсации влаги. Изучены следующие растительные масла: пальмовое, рапсовое, подсолнечное, а также композиции из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла и из 50% подсолнечного масла и 50% пальмового масла. Исследования проводились на образцах, изготовленных из стали конструкционной углеродистой обыкновенного качества СтЗсп. Результаты коррозионных исследований с периодической конденсацией влаги в течение 35 дней показали, что подсолнечное масло замедляет скорость коррозии на 11% (скорость коррозии 0,142 г/м²·год), рапсовое масло – на 32% (скорость коррозии 0,108 г/м²·год), пальмовое – на 51% (скорость коррозии 0,078 г/м²·год) при скорости коррозии стали СтЗсп 0,16 г/м²·год. Наилучшую степень защиты стали СтЗсп по результатам исследований обеспечивает растительная композиция из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла, она снижает скорость коррозии до 0,045 г/м²·год, при этом степень защиты составила 72%.

Ключевые слова: коррозия, углеродистая сталь, растительные масла, скорость коррозии.

Для цитирования: Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П., Жильцов С. Н., Артамонов Е. И. Исследование консервационных материалов на основе растительных масел // Известия Самарской государственной сельскохозяйственной академии. 2023. №2. С. 18–24. doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_18.

Original article

RESEARCH OF CONSERVATION MATERIALS BASED ON VEGETABLE OILS

Dmitry S. Sazonov^{1✉}, Maxim P. Erzamaev², Sergey N. Zhiltsov³, Evgeny I. Artamonov⁴

^{1, 2, 3, 4}Samara State Agrarian University, Ust-Kinelsky, Samara region, Russia

¹Sazonov_DS@mail.ru✉, <https://orcid.org/0000-0002-5119-8614>

²Erzamaev_MP@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0003-2843-3513>

³Zhiltsov_SN@ssaa.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9680-3198>

⁴artamonov.evgenij.ivanovich@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0093-8213>

The purpose of the research is to increase the efficiency of protecting the working elements of agricultural machines and implements from atmospheric corrosion with conservation materials based on vegetable oils. The use of vegetable oils and their production waste as a basis for anticorrosive materials is a good alternative to petroleum oils. One of the ways to protect against atmospheric corrosion is the use of temporary anticorrosive protection based on vegetable oils, they are non-toxic, environmentally safe and renewable, their manufacture is possible directly at the agricultural enterprise itself. The objective of the research was to evaluate the protection of carbon steel from corrosion by preservative materials based on vegetable oils during periodic condensation of moisture. The following vegetable oils have been studied: palm, rapeseed, sunflower, as well as compositions of 50% rapeseed oil and 50% palm oil and 50% sunflower oil and 50% palm oil. The studies were carried out on samples made of structural carbon steel of ordinary quality St3sp. The results of corrosion studies with periodic moisture condensation for 35 days showed that sunflower oil slows down the corrosion rate by 11% (corrosion rate of 0.142 g/m²·year), rapeseed oil by 32% (corrosion rate of 0.108 g/m²·year), and palm oil by 51% (corrosion rate of 0.078 g/m²·year) at a corrosion rate of steel St3sp 0.16 g/m²·year. According to the research results, the best degree of protection of St3sp steel is provided by a vegetable composition of 50% rapeseed oil and 50% palm oil, it reduces the corrosion rate to 0.045 g/m²·year, while its degree of protection was 72%.

Keywords: corrosion, carbon steel, vegetable oils, corrosion rate.

For citation: Sazonov, D. S., Erzamaev, M. P., Zhiltsov, S. N. & Artamonov, E. I. (2023). Research of conservation materials based on vegetable oils. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara State Agricultural Academy)*, 2, 18–24 (in Russ.). doi: 10.55170/19973225_2023_8_2_18.

Коррозионные разрушения снижают усталостную прочность, увеличивают процесс изнашивания, что приводит к увеличению затрат на ремонт и к простоям техники. Характер и степень поражения коррозией машин и орудий определяются особенностями их конструкций, стойкостью к коррозии материалов и лакокрасочных покрытий, применяемых при изготовлении, а также защитной эффективностью применяемых средств временной противокоррозионной защиты [1, 2].

Предприятиями производятся различные консервационные материалы, отличающиеся областью применения и защитной эффективностью. Как правило, эти материалы производятся на масляной основе из нефтяных смазочных материалов. Широкое распространение получили различные консервационные материалы, такие как пленкообразующие ингибиторные нефтяные составы (ПИНСы), защитные битумные составы, жидкие консервационные и пластичные смазки [3].

Очень часто для внешней защиты сельскохозяйственной техники используют отработанные моторные масла, они обладают низкой защитной эффективностью, токсичностью, небезвредны для окружающей среды.

Консервационные материалы из нефтяных смазочных материалов обладают низкой экологической чистотой [3, 4]. При несоблюдении технологических процессов консервации и расконсервации машин происходит загрязнение почвы, воды и окружающей среды, что сказывается на экологической чистоте производимой продукции. Это недопустимо при возделывании сельскохозяйственных культур по современным технологиям, так как в последние годы растет интерес к экологически чистой сельскохозяйственной продукции.

Использование растительных масел (подсолнечного, рапсового, соевого, пальмового

и других) и отходов их производства в качестве основы для антикоррозионных материалов является хорошей альтернативой нефтяным маслам. Консервационные материалы на базе растительных масел обладают экологической чистотой, возобновляемы, при необходимости возможно их изготовление в условиях самого предприятия. Так же для производства растительных консервационных материалов возможно использование отходов, которые образуются при производстве растительных масел и не могут в дальнейшем использоваться в пищевой промышленности [4, 5, 6].

Цель исследований – повышение эффективности защиты рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий от атмосферной коррозии консервационными материалами на основе растительных масел.

Задача исследований – оценить защиту углеродистой стали от коррозии консервационными материалами на основе растительных масел при периодической конденсации влаги.

Материал и методы исследований. Лабораторные исследования проводились в Самарской испытательной лаборатории ФГБУ «ВНИИЗЖ» и на кафедре «Технический сервис» Самарского ГАУ. Для исследований в качестве консервационных материалов были выбраны следующие растительные масла и композиции масел:

- 1) Пальмовое масло;
- 2) Рапсовое масло;
- 3) Подсолнечное масло;
- 4) Композиция из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла;
- 5) Композиция из 50% подсолнечного масла и 50% пальмового масла.

Ранее были определены физико-химические показатели (вязкость, перекисное и кислотное числа, жирнокислотный состав) исследуемых растительных масел и композиций [7, 8].

Материалы наносились на пластинки размером 50 мм x 50 мм x 4 мм, изготовленные из стали конструкционной углеродистой обыкновенного качества Ст3сп. Состав стали, %: Fe – 98,926; Mn – 0,441; Si – 0,219; C – 0,196; Ni – 0,055; Cr – 0,042; Cu – 0,04; Al – 0,031; As – 0,015; S – 0,008; P – 0,007; Co – 0,006. Анализ состава стали проводили на оптико-эмиссионном спектрометре ДФС-500. Перед нанесением исследуемых масел и композиций на пластинки их поверхность была обработана бензином и спиртом. Масса каждой пластинки определялась на электронных аналитических весах ViBRA AF-224RCE с точностью 0,0001 г. Перед нанесением образцы исследуемых растительных масел и композиций (за исключением растительного и рапсового масел) нагревали в сушильном шкафу Binder 53 до температуры 50°C. Нанесение на пластинки осуществлялось путем погружения пластинок в масло или композицию. Пластинки с нанесённым материалом выдерживали при комнатной температуре в течение суток, после чего производилось взвешивание (взвешивали пластинку с нанесённым материалом и с подвесом).

Определяли толщину слоя нанесенного материала по формуле

$$h = \frac{m_{сп} - m_{п}}{\rho \cdot F \cdot 0,1}, \text{ мм}, \quad (1)$$

где $m_{сп}$ – масса пластинки с покрытием и подвесом, г; $m_{п}$ – масса пластинки с подвесом, г; ρ – плотность покрытия, г/см³; F – площадь поверхности пластинки, см².

Площадь поверхности пластинки определяли по формуле, при этом размеры определялись электронным штангенциркулем

$$F = \frac{(a \times b) \times 2 + (c \times a) \times 2 + (c \times b) \times 2}{100}, \text{ см}^2, \quad (2)$$

где a – средняя ширина пластинок, мм; b – средняя длина пластинок, мм; c – средняя толщина пластинок, мм.

Наибольшая толщина нанесенного слоя была у исследуемых материалов с содержанием пальмового масла (табл. 1).

После нанесения исследуемых материалов на пластинки и определения массы, их подвешивали в лабораторном эксикаторе, в чашу которого наливали дистиллированную воду до уровня выступа в нижней части чаши. Затем на выступ устанавливали фарфоровую вставку с отверстиями.

Эксикатор помещали в климатостат КС-200 СПУ. Испытания проводились циклами. Для этого климатостат программировался следующим образом. Нагрев и поддержание температуры 40 °С

в течение 7 часов, после чего остывание до 5 °С и поддержание этой температуры в течении 17 часов. Таким образом, осуществлялась конденсация влаги на образцах пластин. Испытание всех обработанных образцов проводились непрерывно в течение 35 дней.

Таблица 1

Масса и толщина нанесённого слоя материала

Состав материала	Масса нанесённого слоя, г	Толщина нанесённого слоя, мм
Пальмовое масло	3,443	0,654
Рапсовое масло	0,0705	0,013
Подсолнечное масло	0,0906	0,017
Композиция из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла	0,2412	0,046
Композиция из 50% подсолнечного масла и 50% пальмового масла	0,2921	0,056

После указанного времени образцы доставались и с них удаляли покрытия и продукты коррозии. Сначала удаляли растворителем с поверхности пластин нанесённый растительный материал, после чего продукты коррозии убирала химическим способом. Пластины помещались в раствор соляной кислоты (HCl) 500 см³ и уротропина 3,5 г, доведенный до 1000 см³ деонизированной водой. Образцы, погруженные в раствор, выдерживали в течение 10 минут. Затем пластины промывали деонизированной водой и высушивали спиртом, после чего проводили взвешивание на электронных лабораторных весах ViBRA AF-224RCE.

По потере массы металла определялась скорость коррозии:

$$K = \frac{m_0 - m_2}{F \cdot \tau}, \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \cdot \text{год}}, \quad (3)$$

где m_2 – масса пластинки после удаления продуктов коррозии, г; m_0 – масса чистой пластинки, г; F – площадь поверхности пластинки, м².

Степень защиты исследуемых растительных составов рассчитывали по формуле:

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \times 100, \%, \quad (4)$$

где K_0 – скорость коррозии пластины без покрытия, г/м²·год.

Результаты исследований. Потеря массы является наиболее часто используемым методом оценки защитной эффективности консервационных материалов. Массометрический показатель коррозии представляет собой изменение массы металла в результате коррозии (табл. 2).

Таблица 2

Результаты изменения массы при ускоренных исследованиях с периодической конденсацией влаги

Состав материала	Масса пластины, г	Масса пластины после удаления продуктов коррозии, г	Потери массы, г
Пальмовое масло	68,4818	68,4663	0,0155
Рапсовое масло	68,5064	68,4848	0,0216
Подсолнечное масло	68,5698	68,5414	0,0284
Композиция из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла	68,3372	68,3282	0,009
Композиция из 50% подсолнечного масла и 50% пальмового масла	68,3404	68,3264	0,014
Без обработки	68,7555	68,7236	0,0319

По формуле (3) и на основании данных таблицы 2 была рассчитана скорость коррозии исследуемых образцов пластин. На графике (рис. 1) представлена скорость коррозии стали СтЗсп при нанесении консервационных материалов на основе растительных масел, а также без обработки.

Исследования показали, что наименьшая скорость коррозии (0,05...0,07 г/м²·сутки) получена для образцов, обработанных композициями с содержанием 50% пальмового масла. Данные материалы замедляют скорость коррозии почти в 3 раза. Это объясняется большей кинематической вязкостью, а так же преобладаем в жирнокислотном составе олеиновой, линолевой и пальмитиновой кислот.

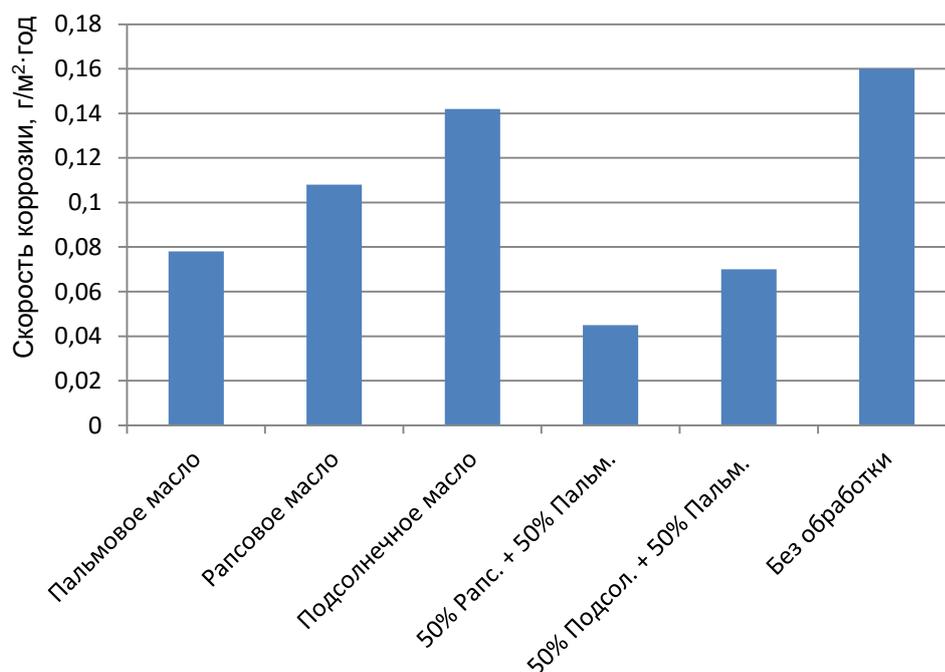


Рис. 1. Скорость коррозии при нанесении консервационных материалов

Образец, покрытый чистым пальмовым маслом, не смотря на то что толщина слоя покрытия (0,654 мм) более чем в 14 раз превышала толщину слоя композиции из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла (0,046 мм), не обеспечил более низкой скорости коррозии. Согласно полученным данным подсолнечное масло незначительно снижает скорость коррозии стали СтЗсп – с 0,16 до 0,142 /м²·год.

Эффективность защиты консервационных материалов на основе растительных масел оценивалась степенью защиты покрытия, результаты расчета которой представлены на рисунке 2.

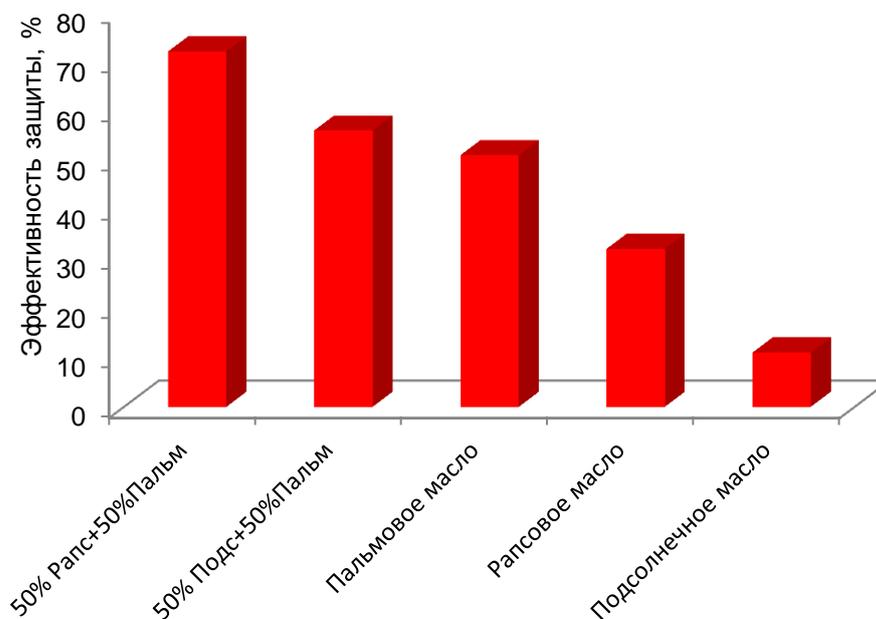


Рис. 2. Степень защиты консервационных материалов на основе растительных масел

Композиция из 50% рапсового масла и 50% пальмового масла обеспечивает наилучшую степень защиты (около 72%) стали конструкционной углеродистой обыкновенного качества СтЗсп. Это объясняется тем, что в рапсовом масле преобладает ненасыщенная олеиновая кислота, которая при взаимодействии с кислородом окисляется и образует пленку. Высокую температуру плавления композиции обеспечивает пальмовое масло, основу жирнокислотного состава которого составляет пальмитиновая кислота.

Пальмовое масло обеспечивает степень защиты 51%, рапсовое масло 32%, а подсолнечное 11%, которая ниже степени защиты композиций растительных масел с пальмовым маслом.

Заключение. Проведенные исследования показали, что наилучшие защитные свойства у композиции из 50% рапсового масла и 50% пальмового, данная композиция масел замедляет скорость коррозии до 0,045 г/м²-год, при скорости коррозии стали СтЗсп 0,16 г/м²-год. Композиции с содержанием пальмового и рапсового масел не уступают по защитной эффективности нефтяным маслам и могут применяться для временной защиты рабочих органов сельскохозяйственных машин и орудий от атмосферной коррозии, при этом они являются экологическими безопасными средствами временной противокоррозионной защиты.

Список источников

1. Голубев М. И. Новые материалы для защиты лесных машин от коррозии // Лесной вестник/Forestry bulletin. 2013. №1 (93). С. 40–41.
2. Латышенко М. Б., Шемякин А. В., Морозова Н. М., Соловьева С. П. Оценка качества хранения зерноуборочных комбайнов // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 4(20). С. 135–138.
3. Сазонов Д. С., Ерзамаев М. П., Жильцов С. Н., Быченин А. П. Влияние ингибиторов коррозии на эффективность защиты элементов кузова автомобиля // Известия Самарской государственной академии. 2020. №1. С. 29–36. doi: 10.12737/36527.
4. Урядников А. А., Камышова М. А., Цыганкова Л. Е. Защита стали от атмосферной коррозии покрытиями на основе растительных масел и отходов их производства // Вестник российских университетов. Математика. 2012. Т. 17, №. 4. С. 1147–1151.
5. Урядников А. А., Беленова С. В., Есина М. Н. Защита сельскохозяйственной техники от коррозии консервационными материалами на основе растительного сырья // Наука в центральной России. 2014. №. 5. С. 55–65.
6. Царюк Т. Я., Фалюшина И. П. Продукты переработки рапсового масла как компоненты консервационных материалов // Природопользование. 2014. №. 26. С. 203–208.
7. Уханова Ю. В., Воскресенский А. А., Уханов А. П. Сравнительная оценка свойств растительных масел, используемых в качестве биодобавки к нефтяному дизельному топливу // Нива Поволжья. 2017. № 2(43). С. 98–105.
8. Быченин А. П., Володько О. С., Ерзамаев М. П., Сазонов Д. С. Влияние олеиновой кислоты на трибологические свойства топлив для автотракторных дизелей // Известия Самарской государственной академии. 2017. №4. С. 44–50. doi: 10.12737/18608.

References

1. Golubev, M. I. (2013). New materials for protecting forest machines from corrosion. *Lesnoj vestnik (Forestry bulletin)*, 1 (93), 40–41 (in Russ.).
2. Latyshenok, M. B., Shemyakin, A. V., Morozova, N. M. & Solovieva S. P. (2012). Evaluation of the storage quality of grain harvesters. *Vestnik Uliianovskoi gosudarstvennoi sel'skokhoziaistvennoi akademii (Vestnik of Ulyanovsk state agricultural academy)*, 4 (20), 135–138 (in Russ.).
3. Sazonov, D. S., Erzamaev, M. P., Zhiltsov, S. N. & Bychenin, A. P. (2020). The effect of corrosion inhibitors on the effectiveness of protection of car body elements. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 1, 29–36 (in Russ.).
4. Uryadnikov, A. A., Kamyshova, M. A. & Tsygankova, L. E. (2012). Protection of steel from atmospheric corrosion by coatings based on vegetable oils and their production waste. *Vestnik rossijskikh universitetov. Matematika (Russian Universities Reports. Mathematics)*, 17(4), 1147–1151 (in Russ.).
5. Uryadnikov, A. A., Belenova, S. V. & Esina, M. N. (2014). Protection of agricultural machinery from corrosion by conservation materials based on vegetable raw materials. *Nauka v centralinoi Rossii (Science in the central Russia)*, 5, 55–65 (in Russ.).

6. Tsaryuk, T. Ya. & Falyushina, I. P. (2014). Rapeseed oil processing products as components of conservation materials. *Prirodopol'zovanie (Nature Management)*, 26, 203–208 (in Russ.).

7. Ukhanova, Y. V., Voskresensky, A. A. & Ukhanov, A. P. (2017). Comparative evaluation of the properties of vegetable oils used as a bioadditive to petroleum diesel fuel. *Niva Povolzh'ia (Niva Povolzhya)*, 2 (43), 98–105 (in Russ.).

8. Bychenin, A. P., Volodko, O. S., Erzamaev, M. P. & Sazonov, D. S. (2017). Influence of oleic acid on tribological properties of fuels for automotive diesel engines. *Izvestiia Samarskoi gosudarstvennoi selskokhoziaistvennoi akademii (Bulletin Samara state agricultural academy)*, 4, 44–50 (in Russ.).

Информация об авторах:

Д. С. Сазонов – кандидат технических наук, доцент;

М. П. Ерзамаев – кандидат технических наук, доцент;

С. Н. Жильцов – кандидат технических наук, доцент;

Е. И. Артамонов – кандидат технических наук.

Information about the authors:

D. S. Sazonov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

M. P. Erzamaev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

S. N. Zhiltsov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor;

E. I. Artamonov – Candidate of Technical Sciences.

Вклад авторов: все авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Contribution of the authors: the authors contributed equally to this article.

The authors declare no conflicts of interests.

Статья поступила в редакцию 1.03.2023; одобрена после рецензирования 12.04.2023; принята к публикации 17.04.2023.

The article was submitted 1.03.2023; approved after reviewing 12.04.2023; accepted for publication 17.04.2023.