

Научная статья  
УДК 621.7.01

## Оценка технико-экономической эффективности внедрения технологии полевого ремонта корпусных деталей машин с использованием дисперсно-наполненных композитов

**Татьяна Николаевна Егунова**

Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ),  
Москва, Россия

tanya.e.n5@yandex.ru

**Аннотация.** В процессе эксплуатации корпусные детали машин подвержены износу и возникновению дефектов. Традиционные методы восстановления часто сложны в исполнении или не всегда доступны в полевых условиях, а замена детали на новую экономически затратна. В связи с этим актуальным является поиск и оценка эффективности альтернативных технологий ремонта, таких как использование полимерных композиционных материалов (ПКМ). В статье выполнен расчет технико-экономической эффективности применения ПКМ при ремонте корпусных деталей машин. Расчет эффективности проводился на примере ремонта трещины длиной 20 мм в топливном баке автомобиля КамАЗ-5320. Было выполнено сравнение нескольких методов восстановления: традиционная заварка (сварка), технология Seal-Lock, ремонт с использованием ПКМ (эпоксидно-песчаные композиты) в условиях ремонтного предприятия и в полевых условиях, а также полная замена поврежденной детали на новую. Применение ПКМ для ремонта корпусных деталей является экономически более выгодным решением, чем сварка или покупка новой детали. Помимо снижения себестоимости, ключевым преимуществом данного метода является его мобильность и технологическая доступность (возможность проведения полевого ремонта).

**Ключевые слова:** полимерные композиционные материалы, дисперсно-наполненные композиты, эпоксидно-песчаные композиты, ремонт в полевых условиях, экономическая эффективность.

**Для цитирования:** Егунова Т.Н. Оценка технико-экономической эффективности внедрения технологии полевого ремонта корпусных деталей машин с использованием дисперсно-наполненных композитов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2026. № 1 (47).

Original article

## Assessment of the technical and economic efficiency of implementing technology for field repair of machine body parts using dispersed-filled composites

**Tatyana N. Egunova**

Moscow Automobile and Road Construction State Technical University (MADI), Moscow, Russia

tanya.e.n5@yandex.ru

**Abstract.** During operation, machine body parts are subject to wear and defects. Traditional restoration methods are often difficult to perform or not always available in the field, and replacing parts with a new one is economically costly. In this regard, the search and evaluation of the effectiveness of alternative repair technologies, such as the use of polymer composite materials (PCM), is relevant. The article calculates the technical and economic efficiency of using PCM in the repair of machine body parts. The efficiency calculation was carried out using the example of repairing a 20 mm long crack in the fuel tank of a KamAZ-5320 car. Several restoration methods were compared: traditional welding (welding), Seal-Lock technology, repair using PCM (epoxy-sand composites) in a repair facility and in the field, as well as complete replacement of the damaged part with a new one. Using PCM to repair body parts is a more cost-effective solution than welding or buying a new part. In addition to cost reduction, the key advantage of this method is its mobility and technological accessibility (the possibility of field repairs).

**Keywords:** polymer composite materials, particulate-filled composites, epoxy-sand composites, field repairs, economic efficiency.

**For citation:** Egunova T.N. Assessment of the technical and economic efficiency of implementing technology for field repair of machine body parts using dispersed-filled composites. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2026. № 1 (47).

### Введение

В современной практике обслуживания и ремонта дорожно-строительной техники преобладает подход полной замены вышедших из строя компонентов на новые заводские изделия. Однако данный подход имеет весомые недостатки: прежде всего, это вынужденные простои оборудования, вызванные длительными сроками ожидания поставки запчастей, а также значительные транспортные расходы. Для сокращения времени простоя

дорожно-строительной техники специалисты все чаще обращаются к нестандартным технологиям восстановления. Наибольший интерес представляют методы, которые не предъявляют высоких требований к квалификации персонала, не нуждаются в сложном оснащении, характеризуются минимальной трудоемкостью и при этом гарантируют продолжительный ресурс эксплуатации отремонтированных узлов [1–4].

Особую экономическую и технологическую привлекательность обретают полимерные композиционные материалы (ПКМ), используемые для ремонта корпусных элементов спецтехники. Интеграция ПКМ в производственный цикл позволяет добиться существенного сокращения временных и материальных затрат, а также снижения общей себестоимости ремонтных операций. Ключевое преимущество такой технологии – возможность выполнения работ непосредственно на месте эксплуатации машины без необходимости демонтажа крупных агрегатов и без применения термической обработки, что выгодно отличает композиты от традиционной сварки. Дополнительным плюсом является исключение многих сложных технологических процедур из стандартного ремонтного процесса [5–10].

Цель настоящего исследования заключается в оценке экономической целесообразности и технологической эффективности использования дисперсно-наполненных композиционных составов при восстановлении корпусных деталей строительной и дорожной техники, в том числе в полевых условиях.

### **Объекты и методы исследования**

Расчет технико-экономической эффективности проводился на примере ремонта трещины величиной 20 мм топливного бака КамАЗ-5320. В рамках технико-экономического анализа необходимо провести сравнение традиционных методов ремонта, таких как заварка и технология Seal-Lock, ремонта с использованием полимерных композиционных материалов,

включая эпоксидно-песчаные композиты и работ по замене детали на новую, а также полевого ремонта с использованием эпоксидно-песчаных композитов.

Для вычисления полной себестоимости устранения трещины в топливном баке  $C_{\Sigma}$  применялась формула [9]:

$$C_{\Sigma} = C_M + C_{\text{ОЗЦ}} + C_{\text{ДВЦ}} + C_{\text{СТР}} + C_{\text{ЭЛ}} + N_{\text{АМ}} + N_{\text{ЦЕХ}} + N_{\text{ЗАВ}}$$

где  $C_M$  – расходы на приобретение материалов, необходимых для выполнения ремонтных операций, руб.;  $C_{\text{ОЗЦ}}$  – размер основной оплаты труда персонала, занятого в цехе, руб.,  $C_{\text{ДВЦ}}$  – сумма дополнительных выплат и надбавок цеховым рабочим, руб.;  $C_{\text{СТР}}$  – величина страховых взносов, исчисляемая согласно нормам российского законодательства;  $C_{\text{ЭЛ}}$  – затраты на электрическую энергию, потребленную в ходе ремонта изделия, руб.;  $N_{\text{АМ}}$  – амортизационные отчисления, аккумулируемые для обновления парка оборудования, руб.;  $N_{\text{ЦЕХ}}$  – часть амортизационных затрат, приходящаяся на содержание и функционирование цеховых помещений, руб.;  $N_{\text{ЗАВ}}$  – расходы, связанные с выплатой заработной платы административно-управленческому персоналу, руб.

Для ремонта в полевых условиях при расчете себестоимости ремонта не учитываются:  $C_{\text{ЭЛ}}$ ,  $N_{\text{ЦЕХ}}$  и  $N_{\text{ЗАВ}}$ .

В таблице 1 приведен расчет материалоемкости с учетом стоимости материалов, применяемых при ремонте и изделий.

Таблица 1

Расходы на материалы в зависимости от технологии ремонта детали

Технология ремонта	Применяемые материалы	Цена материала, руб./кг (л)	Количество материала для ремонта	Стоимость ремонта 1 изделия
Заварка	Сварочный электрод	36 шт – 525	1 шт	15
	Ветошь	1 шт – 118	1 шт	118
	Обезжириватель	1 л – 227	50 мл	11,5
	Лепестковый диск	1 шт – 130	1 шт	130

## Наземные транспортно-технологические средства и комплексы

	Перчатки	1 шт – 35	1 шт	35
	Итого:			309,5
Seal-Lock	Ремонтные скрепляющие элементы (скрепки)	12 шт - 2880	1 шт	240
	Ремонтные конические винты	12 шт - 1260	6 шт	630
	Герметик	280 мл – 218	20 мл	15,5
	Ветошь	1 шт – 118	1 шт	118
	Обезжириватель	1 л – 227	50 мл	11,5
	Лепестковый диск	1 шт – 130	1 шт	130
	Перчатки	1 шт – 35	1 шт	35
	Итого:			1180
Ремонт с применением дисперсно-наполненных композитов	Эпоксидная смола ЭД-8	1 кг - 535	50 г	26,75
	Отвердитель «холодного» отверждения ПЭПА	1 кг – 1 850	2,6 г	4,8
	Стальная пудра	100 г – 426	2,6 г	11
	Обезжириватель	1 л – 227	50 мл	11,5
	Ветошь	1 шт – 118	1 шт	118
	Перчатки	1 шт – 35	2 шт	70
	Итого:			242,05
Ремонт с применением эпоксидно-песчаных композитов	Эпоксидная смола ЭД-8	1 кг - 535	50 г	26,75
	Отвердитель «холодного» отверждения ПЭПА	1 кг – 1 850	2,6 г	4,8
	Технический песок	1 кг - 30	13,15 г	0,05
	Обезжириватель	1 л – 227	50 мл	11,5
	Ветошь	1 шт – 118	1 шт	118
	Перчатки	1 шт – 35	2 шт	70
	Итого:			231,1
Замена детали на новую	Топливный бак КамАЗ-5320	1 шт – 17 070	1 шт	17 070
	Итого:			17 070

Основной фонд оплаты труда работников определяется исходя из трудоёмкости производственных процессов по каждой из сопоставляемых технологических схем. Дополнительные начисления работникам в расчётах традиционно составляют от 8 до 10% от суммы их базового заработка. Отчисления на социальное страхование принимаются на уровне 30% от суммарного фонда оплаты труда.

При определении расходов на энергоснабжение  $C_{ЭЛ}$  учитывается паспортная мощность единиц оборудования, задействованных в цехе. Наименьшие траты на электроэнергию характерны для методов восстановления, задействующих минимум технических средств, например, при использовании полимерных композиционных материалов (ПКМ).

Вычисление суммы амортизационных отчислений, предназначенной для обновления парка оборудования с учётом выполнения ремонтного фонда за календарный год (при расчёте на заданный объём в количестве  $n$  изделий, допустим, на 100 единиц), производится согласно приведённой ниже расчетной формулы:

$$H_{AM} = \frac{C_{об} \times H_a}{100}$$

где  $C_{об}$  – цена закупки единицы оборудования в зависимости от технологии ремонта, руб.;  $H_a$  – норма амортизации, установленная для производственного оборудования, %.

В таблице 2 представлены вычисления амортизационных отчислений, предназначенных для обновления основных средств, в разрезе применяемых методов ремонта.

Таблица 2

Расходы на обслуживание технологического оборудования

Технология производства	Стоимость технологического оборудования, руб	Норма амортизации, %	Амортизационные отчисления руб./год	Амортизационные отчисления, руб./производ
Заварка	100 023	10	10002,3	100
Seal-Lock	80 798	10	8079,8	81
Ремонт с применением дисперсно-наполненных композитов	62 388	10	6238,8	62,4
Ремонт с применением эпоксидно-песчаных композитов	62 388	10	6238,8	62,4
Ремонт с применением эпоксидно-песчаных композитов (в полевых условиях)	117	10	11,7	0,1
Замена детали на новую	62 271	10	6227,1	62,3

На базе сведений о финансовых вложениях в приобретение и содержание технических средств вычисляются издержки на обеспечение функционирования производственных площадей. Величина данных издержек варьируется в пределах от 28 до 30 процентов от фонда оплаты труда вместе с полагающимися надбавками для персонала, занятого в цехе.

Совокупные итоги оценки технологической и экономической обоснованности восстановления повреждений (трещин) в топливных баках автомобилей модели КамАЗ-5320, проведенной с использованием различных методов, приведены в табл. 3, а также на рис. 1, 2.

Таблица 3

Себестоимость ремонта изделий при различных технологиях  
изготовления технологической оснастки

Технология производства	Показатели		
	Целевые расходы	Доп. расходы	$C_{\Sigma}$
Заварка	3164	2 167,2	5 331
Seal-Lock	3811	2 399,9	6 211
Ремонт с применением дисперсно-наполненных композитов	2607	1 780,0	4 387
Ремонт с применением эпоксидно-песчаных композитов	2596	1 775,0	4 371
Ремонт с применением эпоксидно-песчаных композитов (в полевых условиях)	875	0,1	875
Замена детали на новую	18790	8 913,7	27 704

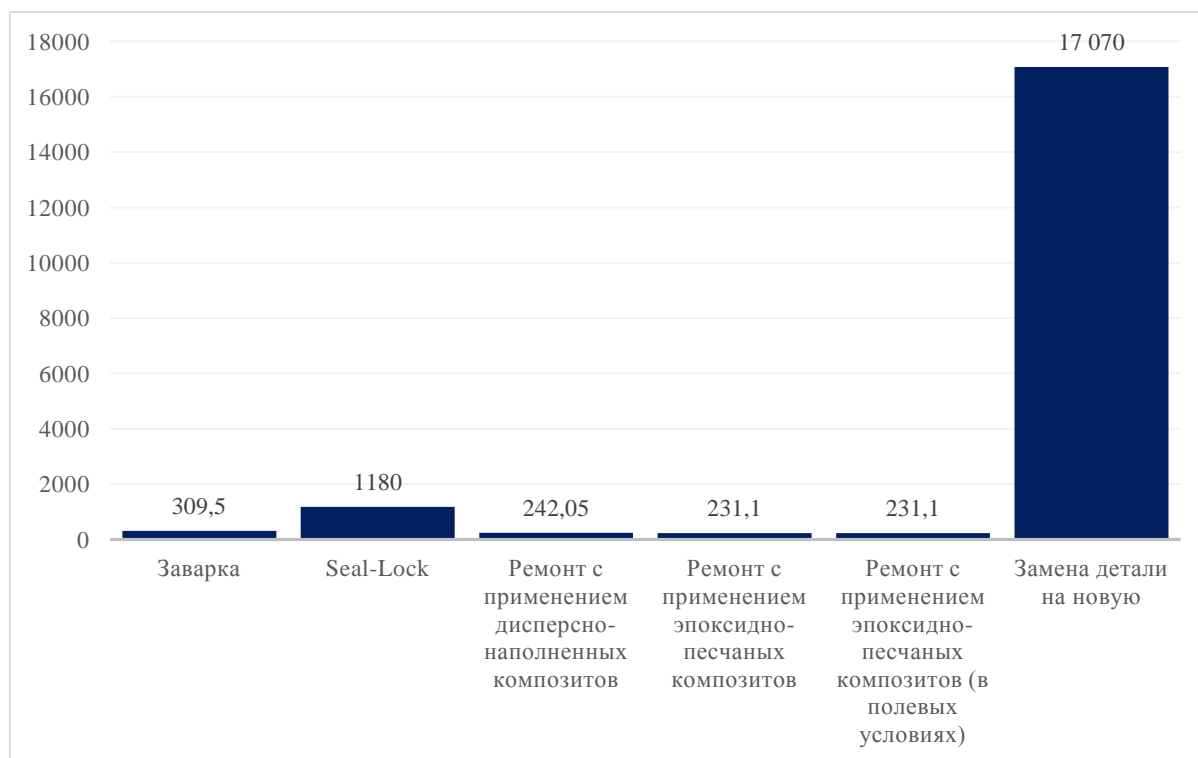


Рис. 1. Затраты на материалы по различным технологиям ремонта

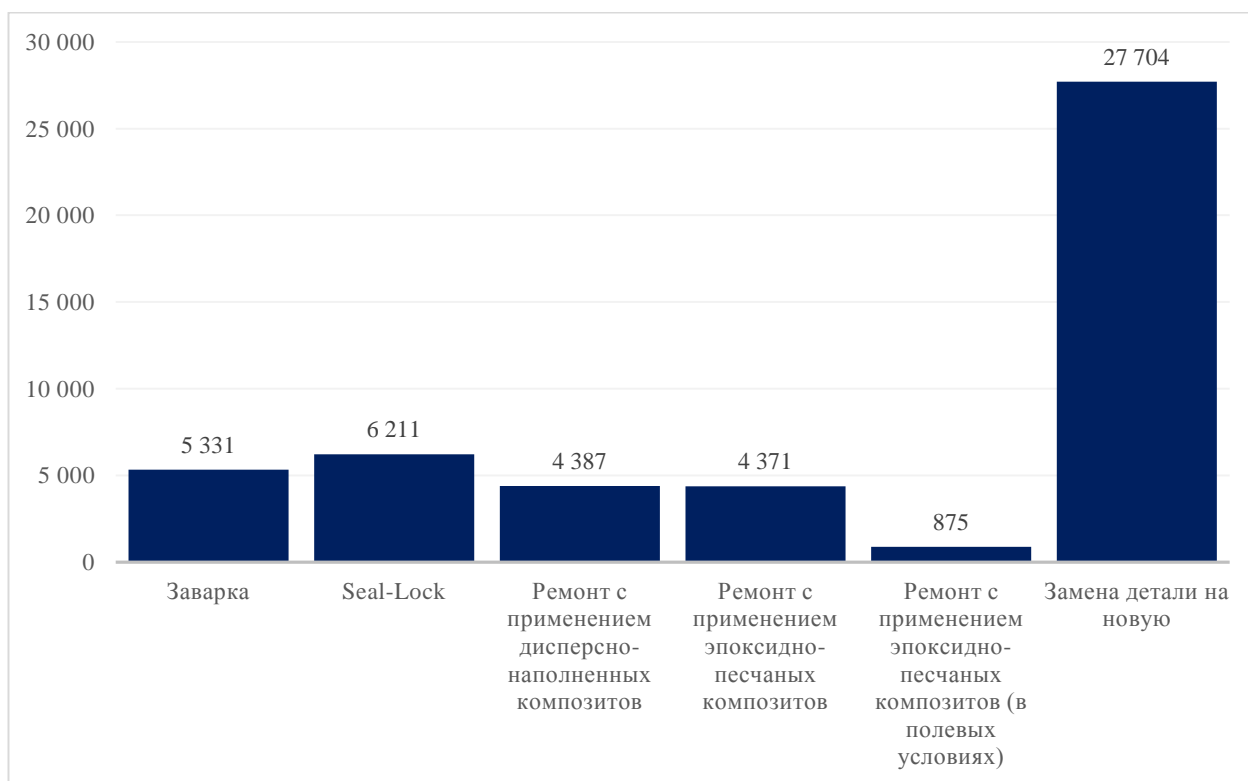


Рис. 2. Себестоимость ремонта детали по различным технологиям

### Заключение

Проведенные расчеты показывают, что себестоимость ремонта топливного бака КамАЗ-5320 в условиях ремонтного предприятия с применением полимерных композиционных материалов ниже чем традиционные методы ремонта и замена детали на новую. Использование эпоксидно-песчаных композитов позволяет снизить себестоимость ремонта и проводить работы в полевых условиях, что позволяет избежать дополнительных затрат на транспортировку техники до ремонтного предприятия и ее простой.

### Список источников

1. Зорин, В. А. Применение полимерных композиционных материалов при производстве деталей транспортно-технологических машин / В. А. Зорин // Интерстроймех-2024 : Сборник статей. – Самара : Самарский государственный технический университет, 2024. – С. 129-134. – EDN OXHGVЕ.

2. Быков, В. В. Электронная информация для ремонта машин / В. В. Быков, М. И. Голубев, И. Г. Голубев // Научно-информационное обеспечение инновационного развития АПК : Материалы XV Международной научно-практической конференции, р.п. Правдинский, Московская обл., 08 июня 2023 года. – Москва: Российский научно-исследовательский институт информации и технико-экономических исследований по инженерно-техническому обеспечению агропромышленного комплекса, 2023. – С. 780-786. – EDN PPAERK.
3. Фомин, А. И. Комбинированный способ восстановления деталей / А. И. Фомин, П. В. Сенин, Н. И. Бойко // Сельский механизатор. – 2025. – № 10. – С. 30-31. – DOI 10.47336/0131-7393-2025-10-30-31. – EDN IRNKGJN.
4. Ляхов, Е. Ю. Повышение эффективности эксплуатации дорожных машин и автомобилей за счет применения ремонтных полимерных материалов / Е. Ю. Ляхов, В. А. Зорин // Наука и техника в дорожной отрасли. – 2021. – № 1(95). – С. 39-43. – EDN WMKAWS.
5. Егунова, Т. Н. Исследование эксплуатационных свойств эпоксидно-песчаных композитов, применяемых при ремонте машин / Т. Н. Егунова, Н. И. Баурова // Технология металлов. – 2023. – № 2. – С. 11-18. – DOI 10.31044/1684-2499-2023-0-2-11-18. – EDN TOVWPV.
6. Косенко, Е. А. Волокнистые полимерные композиционные материалы на основе эпоксидной матрицы с двухфазной схемой армирования / Е. А. Косенко, Н. И. Баурова // Актуальные проблемы науки о полимерах : Материалы IV Всероссийской научной конференции (с международным участием) преподавателей и студентов вузов, Казань, 23–26 сентября 2024 года. – Казань: Казанский национальный исследовательский технологический университет, 2024. – С. 36-38. – EDN CRCJTI.
7. Егунова, Т. Н. Перспективы применения дисперсно-наполненных композитов при полевом ремонте корпусных деталей наземных транспортно-технологических средств (обзор) / Т. Н. Егунова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2024. – № 4. – С. 3-8. – DOI 10.31044/1684-2561-2024-0-4-3-8. – EDN ULKZOT.
8. Косенко, Е. А. Исследование механических свойств углепластиков с различными типами гибридных матриц при отрицательных температурах / Е. А. Косенко, Н. И. Баурова, В. А. Зорин // Технология металлов. – 2021. – № 1. – С. 7-11. – DOI 10.31044/1684-2499-2021-0-1-7-11. – EDN UOVHUT.
9. Полещук, Н. В. Применение полимерных композиционных материалов при изготовлении топливных баков вездеходов: опыт, проблемы и перспективы / Н. В. Полещук, Н. И. Баурова // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2025. – № 6. – С. 28-32. – DOI 10.31044/1684-2561-2025-0-6-28-32. – EDN CBMWFX.
10. Щерба, М. Д. Оценка влияния качества подготовки поверхности на прочность соединений, восстановленных с использованием полимерных материалов / М. Д. Щерба, А. Ю. Коноплин // Ремонт. Восстановление. Модернизация. – 2023. – № 4. – С. 23-29. – DOI 10.31044/1684-2561-2023-0-4-23-29. – EDN CTMPAL.

## References

1. Zorin V.A. *Interstroymekh-2024*, Sbornik statey, Samara, Samarskiy gosudarstvennyy tekhnicheskij universitet, 2024, pp. 129-134.
2. Bykov V.V., Golubev M.I., Golubev I.G. *Nauchno-informatsionnoye obespecheniye innovatsionnogo razvitiya APK*, Materialy konferentsii, Moscow, Rossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut informatsii i tekhniko-ekonomicheskikh issledovaniy po inzhenerno-tekhnicheskomu obespecheniyu agropromyshlennogo kompleksa, 2023, pp. 780-786.
3. Fomin A.I., Senin P.V., Boyko N.I. *Sel'skiy mekhanizator*, 2025, no. 10, pp. 30-31, doi 10.47336/0131-7393-2025-10-30-31.
4. Lyakhov Ye.Yu. P, Zorin V.A. *Nauka i tekhnika v dorozhnoy otrasli*, 2021, no. 1(95), pp. 39-43.
5. Yegunova T.N., Baurova N.I. *Tekhnologiya metallov*, 2023, no. 2, pp. 11-18, doi 10.31044/1684-2499-2023-0-2-11-18.
6. Kosenko Ye.A., Baurova N.I. *Aktual'nyye problemy nauki o polimerakh*, Materialy konferentsii, Kazan', Kazanskiy natsional'nyy issledovatel'skiy tekhnologicheskij universitet, 2024, pp. 36-38.
7. Yegunova T.N. *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*, 2024, no. 4, pp. 3-8, doi 10.31044/1684-2561-2024-0-4-3-8.
8. Kosenko Ye.A., Baurova N.I., Zorin V. A. *Tekhnologiya metallov*, 2021, no. 1, pp. 7-11, doi 10.31044/1684-2499-2021-0-1-7-11.
9. Poleshchuk N.V., Baurova N.I. *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*, 2025, no. 6, pp. 28-32, doi 10.31044/1684-2561-2025-0-6-28-32.
10. Shcherba M.D., Konoplin A.Yu. *Remont. Vosstanovleniye. Modernizatsiya*, 2023, no. 4, pp. 23-29, doi 10.31044/1684-2561-2023-0-4-23-29.

Рецензент: Е.А. Косенко, д-р техн. наук, проф., МАДИ

### *Информация об авторе*

**Егунова Татьяна Николаевна**, аспирант кафедры «Производство и ремонт автомобилей и дорожных машин», МАДИ.

### *Information about the author*

**Egunova Tatyana N.**, postgraduate student of the Department of Production and Repair of Automobiles and Road Machines, MADI.

Статья поступила в редакцию 28.01.2026; одобрена после рецензирования 23.03.2026; принята к публикации 30.03.2026.

The article was submitted 28.01.2026; approved after reviewing 23.03.2026; accepted for publication 30.03.2026.