

Научная статья
УДК 629.3

Разработка модели самоходной платформы для перевозки негабаритных грузов

Вячеслав Валерьевич Морозов¹, Виктор Анатольевич Костырченко²,
Андрей Леонидович Егоров³, Тимур Маратович Мадьяров⁴,
Сергей Андреевич Смагин⁵, Дмитрий Сергеевич Деревенский⁶

^{1,2,3,4,5,6}Тюменский индустриальный университет (ТИУ), Тюмень, Россия

¹morozov1990_72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6840-1247>

²t.kostyrchenkova@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4992-3127>

³e.al@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5787-1753>

⁴madjarovtm@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8380-0739>

⁵sereja.smagin2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6733-253X>

⁶derevenskiy.dima@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4739-1412>

Аннотация. В настоящее время в мире отмечается высокий рост объемов перевозок крупногабаритного и негабаритного оборудования. Это обусловлено, в том числе, необходимостью транспортировки компонентов строительства, нефтегазодобывающей и перерабатывающей отрасли. Для осуществления перевозок негабаритных грузов обязательным условием является использование специализированного транспорта, включающего в себя особые крепления и механизмы, позволяющие безопасно и быстро осуществлять погрузочно-разгрузочные работы, а также минимизировать риски повреждения груза. К сожалению, возможность использования самоходных транспортёров на дистанционном управлении для решения данной проблемы изучена не в полном объёме. В связи с этим, целью данного исследования является проектирование и моделирование самоходной платформы для перевозки негабаритных грузов с гидравлической системой. Общей методологической основой исследования являлся системный подход. Разработка геометрической и имитационной модели для проверки конструкции платформы в системе автоматизированного проектирования SolidWorks (далее САПР SolidWorks). В модуле Simulation САПР SolidWorks разработана модель и проведено имитационное моделирование для проверки конструкции платформы по критериям напряжения, перемещения и деформации. Для оценки надёжности предлагаемой конструкции был определён тип для каждого из возможных отказов, установлена вероятность возникновения каждого из них, построено дерево отказов и установлена вероятность общего отказа платформы.

Ключевые слова: самоходный транспортёр, модульная конструкция, имитационное моделирование в SolidWorks, гидросистема, отказ.

Для цитирования: Морозов В.В., Костырченко В.А., Егоров А.Л., Мадьяров Т.М., Смагин С.А., Деревенский Д.С. Разработка модели самоходной платформы для перевозки негабаритных грузов // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. 2025. № 4 (46).

Original article

Development of a self-propelled platform model for transportation of oversized cargo

Viacheslav V. Morozov¹, Viktor A. Kostyrchenko², Andrei L. Egorov³, Timur M. Madyarov⁴, Sergei A. Smagin⁵, Dmitrii S. Derevenskii⁶

^{1,2,3,4,5,6}Industrial University of Tyumen (IUT), Tyumen, Russia

¹morozov1990_72@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-6840-1247>

²t.kostyrchenkova@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4992-3127>

³e.al@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5787-1753>

⁴madjarovtm@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0009-0004-8380-0739>

⁵sereja.smagin2016@yandex.ru, <https://orcid.org/0009-0009-6733-253X>

⁶derevenskiy.dima@bk.ru, <https://orcid.org/0009-0008-4739-1412>

Abstract. Currently, there is a high growth in the volume of transportation of bulky and oversized equipment in the world. This is due, among other things, to the need to transport components of the construction, oil and gas production and processing industries. For the transportation of oversized cargo, it is mandatory to use specialized transport, which includes special fasteners and mechanisms that allow safe and fast loading and unloading operations, as well as minimize the risks of cargo damage. Unfortunately, the possibility of using remote-controlled self-propelled transporters to solve this problem has not been fully studied. In this regard, the purpose of this study is to design and simulate a self-propelled platform for transporting oversized cargo with a hydraulic system. The general methodological basis of the study was a systematic approach. Development of a geometric and simulation model to test the platform design in the SolidWorks computer-aided design system (hereinafter CAD SolidWorks). In the Simulation module of the SolidWorks CAD, a model was developed and simulation modeling was performed to test the platform structure according to the criteria of stress, displacement and deformation. To assess the reliability of the proposed design, the type for each of the possible failures was determined, the probability of occurrence of each of them was determined, a failure tree was constructed, and the probability of a general platform failure was determined.

Keywords: self-propelled conveyor, modular design, simulation modeling in SolidWorks, hydraulic system, failure.

For citation: Morozov V.V., Kostyrchenko V.A., Egorov A.L., Madyarov T.M., Smagin S.A., Derevenskii D.S. Development of a self-propelled platform model for transportation of oversized cargo. *Avtomobil'. Doroga. Infrastruktura*. 2025. № 4 (46).

Введение. В настоящее время в мире отмечается высокий рост объемов перевозок крупногабаритного и негабаритного оборудования [1]. Это обусловлено необходимостью транспортировки компонентов строительства, перемещения технологических модулей, доставки на месторождение элементов нефтяных платформ и нефтеперерабатывающих станций [2], переноса судов и прочими логистическими операциями. Для осуществления перевозки нестандартного и негабаритного оборудования обязательным условием является использование специализированного транспорта [3]. В качестве специализированного транспортного средства для перевозки крупногабаритного и длинномерного груза может использоваться самоходная платформа. К сожалению, результаты анализа состояния вопроса показали, что возможность использования самоходных транспортёров на дистанционном управлении для перевозки негабаритных грузов изучена не в полном объёме. В связи с этим, целью данного исследования является проектирование и моделирование самоходной платформы для перевозки негабаритных грузов с гидравлической системой.

В исследовании предлагается применить конструкцию машины, которая представляет собой несколько последовательно соединенных модулей, что позволяет корректировать характеристики грузоподъемности и проходимости в зависимости от поставленной задачи [4]. Кроме этого, предлагается оснастить каждый модуль индивидуальной гидравлической системой подвески и выравнивания.

По результатам патентного обзора были выявлены ключевые конструктивные особенности, способствующие повышению эффективности и безопасности транспортировки негабаритного оборудования. В качестве перевозимого груза была выбрана ректификационная колонна для отделения этана и метана из нестабильного конденсата добываемого газа. Приведенные технические и эксплуатационные требования представлены в виде блок-схемы на рис.1.



Рис. 1. Блок-схема приведенных требований для проектирования

Материалы и методы. Общей методологической основой исследования был выбран системный подход и его частные методы: системный анализ и синтез.

При проектировании специализированной самоходной платформы учитывались особенности перевозимого объекта – ректификационной колонны для отделения этана и метана из нестабильного конденсата добываемого газа. Габаритные размеры колонны составляют 41 м в длину с максимальным диаметром 4,3 м. Масса при этом равна 182 т [5]. На основе вводных данных транспортируемого объекта и результатов анализа существующих и запатентованных решений была разработана концептуальная модель самоходной платформы (рис. 2).

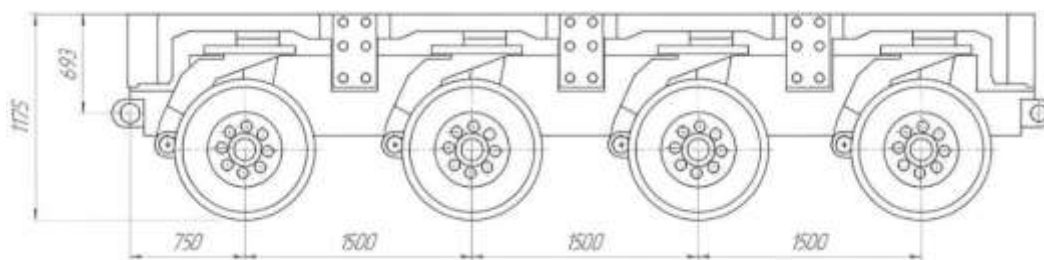


Рис. 2. Модуль разработанной самоходной платформы для перевозки негабаритного груза

Разработанная конструкция состоит из двух основных компонентов: приводного модуля (силового агрегата) и шасси. Шасси состоит из четырех пар независимых осей с установленной системой подъема и опускания. Каждая парная ось выдерживает нагрузку в 45 т, поэтому теоретическая

грузоподъемность разработки достигает 180 т, что удовлетворяет массе большинства негабаритных объектов. Габаритные размеры шасси при этом составляет 6 м в длину, 3 м в ширину и примерно 1,5 м в высоту. В качестве двигателя, обеспечивающего передвижение платформы, предлагается использовать ЯМЗ-65802 с заявленной мощностью 520 л.с.

Подготовка САД-геометрии к прочностному анализу была выполнена в среде SolidWorks [6] с использованием исходной конструктивной модели самоходной платформы и размещаемой на ней ректификационной колонны. Далее, программной надстройке Simulation сформирован расчётный вариант САЕ-модели. На этапе подготовки САЕ-модели каждому твёрдому телу, входящему в расчётную сборку, был назначен вид материала. После этого, модель была зафиксирована и на поверхности модуля была распределена нагрузка со значением 200 т.

Для выявления вероятности наступления отказов самоходной платформы необходимо рассмотреть виды отказов (внезапные, постепенные) и виды состояний устройства при его эксплуатации (исправное, рабочее, предельное, нерабочее). При эксплуатации самоходной платформы негативными факторами, влияющими на его состояние, являются [7]: большие нагрузки, разные условия эксплуатации [8], качество и целостность поверхности дорожного полотна (выбоины, проломы, просадки, колеи и наличие прочих дорожных дефектов), что означает открытое хранение или простой самоходной платформы и влечет за собой коррозию элементов [9].

На основании выбранной методологической базы была разработана структурная схема (рис. 3), отражающая взаимосвязи событий, которые могут вывести из строя всю конструкцию самоходной платформы для перевозки негабаритного груза [10].

На основании полученной структурной схемы было разработано дерево отказов [11] самоходной платформы для перевозки негабаритного груза

(рис. 4). Ключевым событием А на рис. 4 является неработоспособное состояние самоходной платформы для перевозки негабаритного груза.

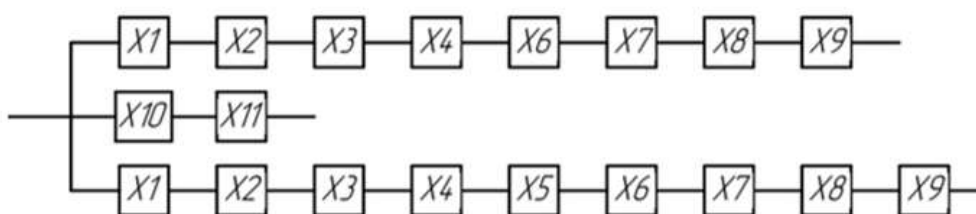
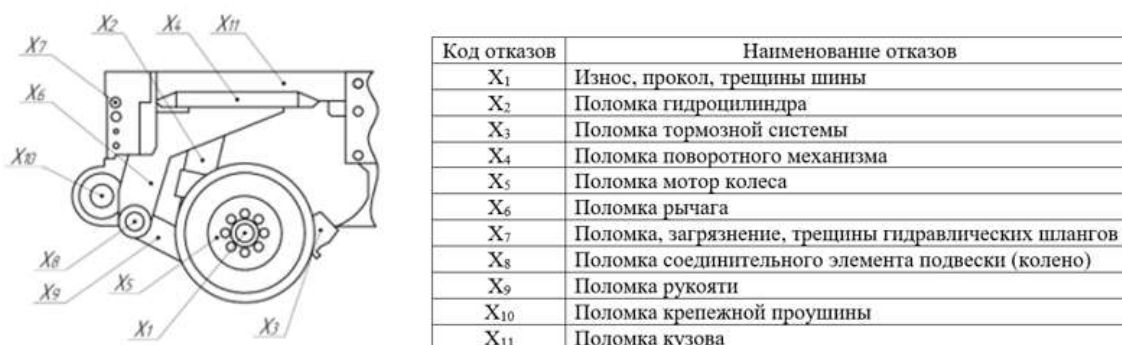


Рис. 3. Структурная схема отказов самоходной платформы

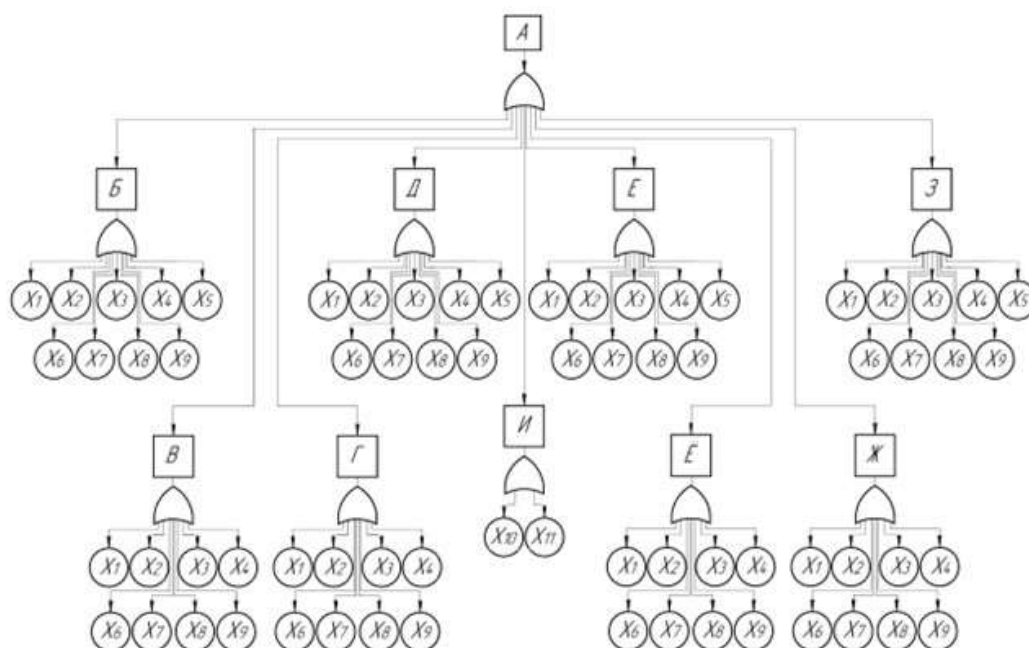


Рис. 4. Дерево отказов самоходной платформы для перевозки негабаритного груза

Отказы Б, В, Г, Д, Е, Ё, Ж, З, представленные на рис. 4, являются повторяющимися элементарными событиями. Следовательно, представляется возможным установить вероятность отказов по формуле (1):

$$P_{(t)} = X_1 + X_2 + X_3 + X_4 + X_5 + X_6 + X_7 + X_8 + X_9 * (X_{10} + X_{11}), \quad (1)$$

где $P_{(t)}$ – вероятность общего отказа системы.

Результаты исследования. Результаты разработки имитационной модели самоходной платформы в САПР SolidWorks представлены на рис. 5.

Таким образом, имитационное моделирование в системе автоматизированного проектирования SolidWorks показало, что предлагаемое конструктивное решение самоходной платформы способно выдержать номинальную и максимальную нагрузки.

Результаты определения численных значений вероятности наступления постепенных и внезапных отказов представлены в табл. 1.

Таблица 1

Вероятность наступления отказов спроектированной самоходной платформы

№ п/п	Код отказа	Тип отказа	Вероятность отказа
1	X_1	Внезапный	0,013
2	X_2	Внезапный	0,012
3	X_3	Внезапный	0,014
4	X_4	Внезапный	0,012
5	X_5	Внезапный	0,029
6	X_6	Внезапный	0,018
7	X_7	Внезапный	0,013
8	X_8	Внезапный	0,023
9	X_9	Внезапный	0,011
10	X_{10}	Постепенный	0,014
11	X_{11}	Постепенный	0,022

В соответствии с формулой (1) и численными значениями, представленными в табл. 1, вероятность общего отказа самоходной платформы $P_{(t)}$ не превышает 0,134 или 13,4%. Следовательно, вероятность безотказной работы составляет 86,6%.

Таким образом, разработанная самоходная платформа является надежным устройством для перевозки негабаритного груза.

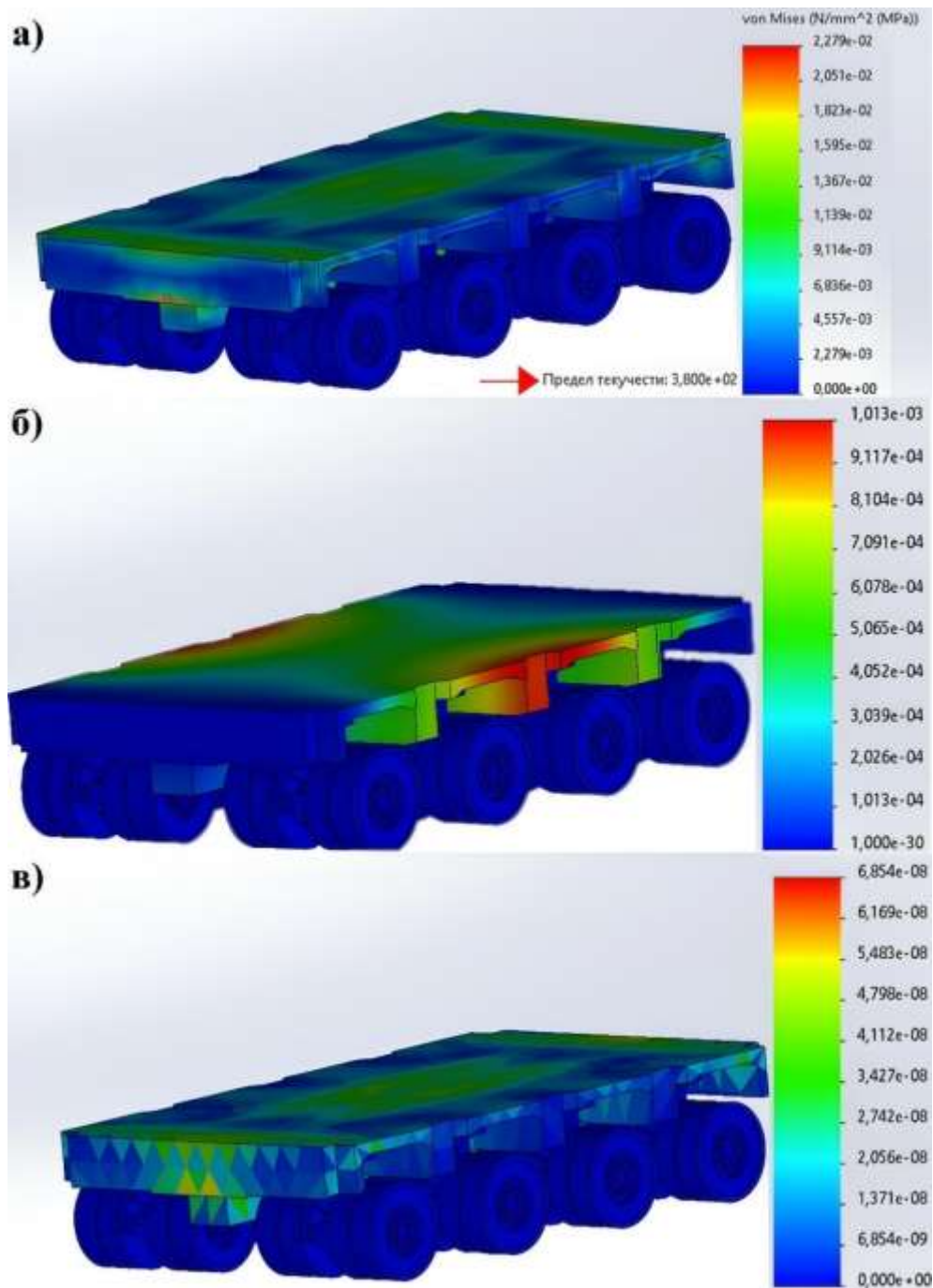


Рис. 5. Результаты имитационного моделирования:
а – напряжение; б – перемещение; в – деформация

Обсуждение и заключения. По результатам исследования авторам удалось решить научно-практическую задачу, связанную с разработкой модульной самоходной платформы с гидросистемой для перевозки негабаритного груза. С точки зрения авторов, полученные результаты обладают реальными перспективами для последующего внедрения и

применения в сфере мультимодальных перевозок. Среди наиболее значимых полученных результатов исследования имеет смысл отметить следующее.

Проведено имитационное моделирование напряжения, перемещения и деформации в САПР SolidWorks, разработаны CAD и CAE модели (рис. 5). Результаты моделирования показали, что полученная авторами конструкция самоходной платформы для перемещения негабаритных грузов способна выдерживать номинальную и максимальную нагрузки.

Вместе с этим, выявлена вероятность отказов (табл. 1) и определена надёжность предлагаемой конструкции платформы. В результате было установлено, что вероятность отказа предлагаемого решения не превышает 13,4%, надёжность составляет, соответственно, 86,6%.

Определение влияния факторов окружающей среды на надёжность гидросистемы платформы, разработка методики практического применения полученных результатов и оценка экономической эффективности предлагаемых решений представляют собой дальнейшие перспективы исследования.

Список источников

1. Бодрова, М. С. Условия развития и тенденции в перевозке негабаритного груза / М. С. Бодрова // Гуманитарные, социально-экономические и общественные науки. – 2024. – № 5. – С. 155-161. – DOI 10.24412/2220-2404-2024-5-5. – EDN JDHXVU.
2. Нургалиев, Е. Р. Проблемы взаимодействия нефтесервисных и транспортно-логистических компаний при транспортировке и перегрузке нефтегазового оборудования в портах и транспортных терминалах / Е. Р. Нургалиев, М. С. Турпищева // Вестник Астраханского государственного технического университета. Серия: Морская техника и технология. – 2015. – № 4. – С. 86-92. – EDN VATWWP.
3. Джахьяева, С. Б. Пути решения логистических задач по транспортировке длинномерных грузов на примере лопастей ветровых энергоустановок / С. Б. Джахьяева, Е. В. Климова // Евразийский союз ученых. – 2020. – № 11-7(80). – С. 26-31. – DOI 10.31618/ESU.2413-9335.2020.7.80.1139. – EDN HRPMTD.
4. Экспериментальное исследование нагруженности подвески самоходного модульного транспортного средства / М. А. Пузров, А. В. Мидаков, С. Л. Тропин, А. Н. Мисинев // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. – 2025. – № 2(44). – EDN WANRTV.

5. Раева, В. М. Сравнение схем экстрактивной ректификации смесей метанол-тетрагидрофуран-вода / В. М. Раева, А. М. Дубровский // Тонкие химические технологии. – 2020. – Т. 15, № 3. – С. 21-30. – DOI 10.32362/2410-6593-2020-15-3-21-30. – EDN SCADLJ.
6. Wang, K. Optimal design of the heat-sealing structure of the sealing machine based on SOLIDWORKS Simulation / K. Wang, J. Wu, Q. Liu // Journal of Physics: Conference Series. – 2022. – Vol. 2383, No. 1. – P. 012007. – DOI 10.1088/1742-6596/2383/1/012007. – EDN DFBOFS.
7. Назаров, В. П. Управление технической эксплуатацией автомобилей с использованием рекуррентных нейронных сетей / В. П. Назаров, Е. С. Козин // Научно-технический вестник Поволжья. – 2023. – № 12. – С. 338-341. – EDN AOOGCA.
8. Козин, Е. С. Моделирование изменения интенсивности эксплуатации автомобилей в течение года / Е. С. Козин, А. В. Мальшаков // Транспортное машиностроение. – 2024. – № 1(25). – С. 64-71. – DOI 10.30987/2782-5957-2024-1-64-71. – EDN KKWHLX.
9. Базанов, А. В. Проблема обеспечения запасными частями автотранспортных предприятий нефтепроводной отрасли в Западной Сибири / А. В. Базанов, Е. С. Козин, В. И. Бауэр // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – № 4. – С. 131-134. – EDN VPUPVH.
10. Kozin, E. S. Decision support system for the management of a vehicle service workshop / E. S. Kozin // Journal of Management & Technology. – 2023. – Vol. 23, No. S. – P. 88-102. – EDN WWGEYA.
11. Козин, Е. С. Использование аддитивных технологий в процессе обеспечения запасными частями автотранспортных предприятий / Е. С. Козин, Р. А. Зиганшин, И. А. Якубов // Мир транспорта и технологических машин. – 2022. – № 1(76). – С. 112-119. – DOI 10.33979/2073-7432-2022-76-1-112-119. – EDN XEWCAK.

References

1. Bodrova M.S. *Gumanitarnye, social'no-ehkonomicheskie i obshchestvennye nauki*, 2024, no 5, pp. 155-160, doi 10.24412/2220-2404-2024-5-5.
2. Nurgaliev E.R., Turpishcheva M.S. *Vestnik Astrakhanskogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta. Seriya: Morskaya tekhnika i tekhnologiya*, 2015, no. 4, pp. 86-92.
3. Dzhakh"yaeva S.B., Klimova E.V. *Yevraziyskiy soyuz uchenykh*, 2020, no. 11-7(80), pp. 26-31, doi 10.31618/ESU.2413-9335.2020.7.80.1139.
4. Puzrov M.A., Midakov A.V., Tropin S.L., Misinev A.N. *Avtomobil' Doroga Infrastruktura*, 2025, no. 2 (44).
5. Raeva V.M., Dubrovskij A.M. *Tonkie khimicheskie tekhnologii*, 2020, vol. 15, no. (3), pp. 21-30, doi 10.32362/2410-6593-2020-15-3-21-30.

6. Wang K., Wu Ji., Liu Q. *Journal of Physics: Conference Series*, 2022, no. 383(1), p. 012007, doi 10.1088/1742-6596/2383/1/012007.
7. Nazarov V.P, Kozin E.S. *Nauchno-tekhnicheskij vestnik Povolzh'ya*, 2023, no. 12, 338-341.
8. Kozin E.S., Mal'shakov A.V. *Transportnoe mashinostroenie*, 2024, no. 1(25), pp. 64-71, doi 10.30987/2782-5957-2024-1-64-71.
9. Bazanov A.V., Kozin E.S., Bauehr V.I. *Intellekt Innovacii Investicii*, 2015, no. 4, pp. 131-134.
10. Kozin E.S. *Journal of Management & Technology*, 2023, no. 23(S), pp. 88-102.
11. Kozin E.S, Ziganshin R.A, Yakubov I.A. *Mir transporta i tekhnologicheskikh mashin*, 2022, no. 1(76), 112-119. doi 10.33979/2073-7432-2022-76-1-112-119.

Рецензент: А.М. Лямзин, канд. техн. наук, директор, ООО «НИИ новые технологии»

Информация об авторах

Морозов Вячеслав Валерьевич, канд. техн. наук, доц., ТИУ.

Костырченко Виктор Анатольевич, старший преподаватель, ТИУ.

Егоров Андрей Леонидович, канд. техн. наук, доц., ТИУ.

Мадьяров Тимур Маратович, старший преподаватель, ТИУ.

Смагин Сергей Андреевич, аспирант, ТИУ.

Деревенский Дмитрий Сергеевич, аспирант, ТИУ.

Information about the authors

Morozov Viacheslav V., Candidate of Sciences (Technical), associate professor, IUT.

Kostyrchenko Viktor A., Senior Lecturer, IUT.

Egorov Andrei L., Candidate of Sciences (Technical), associate professor, IUT.

Madyarov Timur M., Senior Lecturer, IUT.

Smagin Sergei A., postgraduate, IUT.

Derevenskii Dmitrii S., postgraduate, IUT.

Статья поступила в редакцию 15.11.2025; одобрена после рецензирования 10.12.2025; принята к публикации 18.12.2025.

The article was submitted 15.11.2025; approved after reviewing 10.12.2025; accepted for publication 18.12.2025.