

Научная статья

УДК 658.5:629.33; 629.3.083.4

<https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-6-122>

МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ ЗАТРАТ НА МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ АВТОТРАНСПОРТНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Р. С. Фаскиев¹, А. Н. Мельников², Е. Г. Кеян³

Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

¹e-mail: f_rif_s@mail.ru

²e-mail: mlnikov@rambler.ru

³e-mail: keyan@mail.ru

Н. В. Шадрин

Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

e-mail: shadnik09@yandex.ru

***Аннотация.** Совершенствование системы материально-технического обеспечения (МТО) на автотранспортном предприятии (АТП) является актуальным направлением, которое позволяет улучшить экономические показатели, повысить конкурентоспособность и обеспечить устойчивое развитие предприятия в долгосрочной перспективе.*

Целью представленного исследования является повышение эффективности работы автотранспортного предприятия за счет оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение. Для этого решались следующие задачи: установление параметров системы материально-технического обеспечения, влияющих на простои автомобилей в техническом обслуживании и ремонте, разработка математической модели оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия, экспериментальное установление оптимальных параметров модели.

При проведении исследования использованы методы априорного ранжирования факторов, наблюдения, математического моделирования.

Для обоснования актуальности темы исследования проведен анализ существующих подходов к совершенствованию системы материально-технического обеспечения автотранспортных предприятий, выявлены недостатки существующих методов.

В ходе выполнения работы установлена структура причин простоев автотранспортных средств на автотранспортных предприятиях, а также структура причин простоев автомобилей при выполнении технического обслуживания и ремонта. С целью установления наиболее значимых факторов, характеризующих систему материально-технического обеспечения и влияющих на простои автомобилей, проведен опрос экспертов, обработаны результаты опроса, которые использованы при формировании математической модели оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия.

Результаты исследования позволили установить влияние системы материально-технического обеспечения на непроизводительные простои автомобилей, а также установить оптимальную периодичность поставок запасных частей и материалов.

Научная новизна заключается в разработке математической модели оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия, устанавливающей взаимосвязь суммарных затрат, связанных с простоями автотранспортных средств из-за отсутствия запасных частей и материалов и транспортно-заготовительных расходов на материально-техническое обеспечение.

Практическая значимость результатов исследования заключается в установлении оптимальной периодичности поставок запасных частей и материалов с учетом особенностей работы автотранспортного предприятия.

Направлением дальнейших исследований является установление взаимосвязи периодичности поставок материально-технических ресурсов для автотранспортных предприятий с размером партий ресурсов и их стоимостью.

Ключевые слова: автотранспортное предприятие, запасные части, управление запасами, материально-техническое обеспечение, оптимизация поставок.



Для цитирования: Модель оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия / Р. С. Фаскиев [и др.] // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2024. – № 6. – С.122–131. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-6-122>.

Original article

MODEL FOR OPTIMIZING COSTS FOR THE LOGISTICS OF A MOTOR TRANSPORT ENTERPRISE

R. S. Faskiev¹, A. N. Melnikov², E. G. Keyan³

Orenburg State University, Orenburg, Russia

¹e-mail: f_rif_s@mail.ru

²e-mail: mlnikov@rambler.ru

³e-mail: keyan@mail.ru

N. V. Shadrin

Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

e-mail: shadnik09@yandex.ru

Abstract. Improving the logistics system at a motor transport enterprise is an urgent area that can improve economic performance, increase competitiveness and ensure sustainable development of the enterprise in the long term.

The purpose of the presented study is to improve the efficiency of the motor transport enterprise by optimizing the cost of logistics. To do this, the following tasks were solved: establishing the parameters of the logistics system affecting the downtime of cars in maintenance and repair; developing a mathematical model for optimizing the costs of logistics for a motor transport enterprise, experimentally establishing the optimal parameters of the model.

During the study, methods of a priori ranking of factors, observation, mathematical modeling were used.

To justify the relevance of the topic of the study, an analysis of existing approaches to improving the logistics system of motor transport enterprises was carried out, shortcomings of existing methods were identified.

In the course of the work, the structure of the causes of vehicle downtime at the motor transport enterprise was established, as well as the structure of the causes of vehicle downtime during maintenance and repair. In order to establish the most significant factors characterizing the logistics system and affecting the downtime of cars, a survey of experts was conducted, the results of the survey were processed, which were used to form a mathematical model for optimizing the costs of logistics of a motor transport enterprise.

The results of the study made it possible to establish the influence of the logistics system on the unproductive downtime of cars, as well as to establish the optimal frequency of supply of spare parts and materials.

The scientific novelty lies in the development of a mathematical model for optimizing the costs of logistics for a motor transport enterprise, establishing the relationship between the total costs associated with downtime of vehicles due to the lack of spare parts and materials and transport and procurement costs for logistics.

The practical significance of the results of the study is to establish the optimal frequency of supply of spare parts and materials, taking into account the characteristics of the motor transport enterprise.

The direction of further research is to establish the relationship between the frequency of supply of material and technical resources for motor transport enterprises with the size of batches of resources and their cost.

Key words: motor transportation enterprise, spare parts, inventory management, material support, optimization of deliveries.

Cite as: Faskiev, R. S., Melnikov, A. N., Keyan, E. G., Shadrin, N. V. (2024) [Model for optimizing costs for the logistics of a motor transport enterprise]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 6, pp. 122–131. – <https://doi.org/10.25198/2077-7175-2024-6-122>.

Введение

Целью функционирования системы материально-технического обеспечения автотранспортного предприятия является обеспечение эффективного и беспере-

бойного процесса перевозки грузов и пассажиров с оптимальным использованием материальных и технических ресурсов и запасов.

Основными задачами материально-техническо-

го обеспечения предприятий автомобильного транспорта являются: планирование и прогнозирование потребности в материальных ресурсах, организация и управление закупками, определение и формирование оптимального ассортимента и номенклатуры ресурсов, обеспечение эффективного хранения и складирования ресурсов, организация и контроль транспортировки ресурсов, разработка и внедрение мероприятий по снижению затрат на приобретение, хранение и транспортировку ресурсов.

Планирование и прогнозирование потребности в материальных ресурсах связано с определением количества и качества необходимых ресурсов для выполнения производственных программ и планов, анализом динамики изменения потребления ресурсов, планированием и прогнозированием потребностей в ресурсах на основе анализа данных и тенденций.

Организация и управление закупками направлены на поиск и выбор поставщиков, формирование и согласование договоров с поставщиками, контроль выполнения договоров и качества поставок.

Определение и формирование оптимального ассортимента и номенклатуры ресурсов основаны на анализе ассортимента и взаимозаменяемости ресурсов, определении оптимального соотношения между различными видами ресурсов.

Обеспечение эффективного хранения и складирования ресурсов связано с разработкой и внедрением систем складского учета, обеспечением оптимальных условий хранения ресурсов, организацией работы складов и погрузочно-разгрузочных работ.

Организация и контроль транспортировки ресурсов заключаются в выборе и привлечении транспортных компаний, согласовании условий и стоимости перевозок, осуществлении контроля за своевременностью и качеством доставки ресурсов.

Разработка и внедрение мероприятий по снижению затрат на приобретение, хранение и транспортировку ресурсов основаны на проведении тендеров и аукционов для выбора наиболее выгодных поставщиков, оптимизации маршрутов и графиков доставки ресурсов.

Одной из проблем при формировании системы материально-технического обеспечения на автотранспортных предприятиях является недостаточный учет взаимосвязи периодичности поставок запасных частей с продолжительностью простоев подвижного состава в техническом обслуживании и ремонте, что и обуславливает актуальность темы исследования.

К настоящему времени накоплен значительный опыт в разработке методов повышения эффективности функционирования системы материально-технического обеспечения автотранспортных предприятий.

При этом можно выделить следующие основные направления:

- методы, основанные на учете параметра потока отказов элементов автотранспортных средств [1; 5; 7–10; 16];
- методы прогнозирования потребности в материально-технических ресурсах, основанные на вероятностных и технико-экономических критериях [2–4; 11; 12; 14];
- методы оптимизации затрат на транспортно-заготовительные и складские операции [6; 15; 17–22].

Отмечая достоинства данных подходов, такие как учёт фактического ресурса деталей, узлов, агрегатов автотранспортных средств, особенностей поставки и хранения материально-технических ресурсов, необходимо отметить и некоторые недостатки. Так, представленные методики не учитывают влияние отсутствия необходимых запасных частей и материалов на простои автотранспортных средств и, как следствие, на показатели эффективности функционирования предприятия. Кроме того, недостаточно раскрыты вопросы влияния на простои автотранспортных средств в техническом обслуживании и ремонте (ТО и Р) особенностей взаимного расположения мест хранения материально-технических ресурсов и мест выполнения работ ТО и Р, а также операций по обеспечению рабочих мест необходимыми ресурсами.

Сформулирована цель исследования – снижение простоев автотранспортных средств в ТО и Р за счет совершенствования системы материально-технического обеспечения автотранспортного предприятия.

Для достижения поставленной цели сформулированы задачи исследования:

- установить параметры системы материально-технического обеспечения, влияющие на простои автомобилей в техническом обслуживании и ремонте;
- разработать математическую модель оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия;
- разработать алгоритм формирования рациональной системы МТО АТП.

Данная статья посвящена решению первых двух задач.

Установление параметров системы материально-технического обеспечения, влияющих на простои автомобилей в техническом обслуживании и ремонте

Рациональное материально-техническое обеспечение предприятий автомобильного транспорта включает в себя не только установление оптимальных размеров запасов, но и грамотное размещение на складах, обеспечивающее минимальные затраты вре-

мени и ресурсов на доставку нужной запасной части к месту выполнения работ.

Анализ деятельности автотранспортных предприятий в 2023 году (ООО «Сара-Авто», г. Новотроицк, АО «Автоколонна №1825», г. Оренбург, МКП «Оренбургские пассажирские перевозки») позволил установить структуру причин простоев автомобилей. В результате исследования установлено, что простои в техническом обслуживании и ремонте составили 36%, простои из-за отсутствия заказов на перевозку – 33%, простои по организационным причинам – 17%, прочие простои – 14%.

Техническая готовность парка автомобилей определяется как характеристиками транспортных средств – их надежностью, пробегом с начала эксплуатации, интенсивностью эксплуатации, так и продолжительностью простоев в техническом обслуживании и ремонте. При проведении исследования причин простоев автомобилей на вышеназванных АТП в техническом обслуживании и ремонте в 2023 году установлено, что на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей собственными силами приходится 48% простоев, на ожидание по-

ставки необходимых материально-технических ресурсов – 31%, на выполнение работ по техническому обслуживанию и ремонту автомобилей сторонними организациями – 18% и 8% – прочие причины.

Для установления наиболее значимых факторов, характеризующих систему МТО и влияющих на простои автомобилей, проведен опрос экспертов, которым в качестве факторов были предложены:

- X_1 – существующий запас материально-технических ресурсов (МТР);
- X_2 – прогноз потребности в запасных частях;
- X_3 – своевременность заказа ресурсов;
- X_4 – продолжительность поставки;
- X_5 – время доставки МТР к месту выполнения работ;
- X_6 – затраты системы МТО АТП.

Результаты опроса экспертов обработаны по методике априорного ранжирования факторов [13].

На рисунке 1 представлена диаграмма рангов, отражающая степень влияния разных факторов, характеризующих систему МТО и влияющих на простои автомобилей, по мнению экспертов.

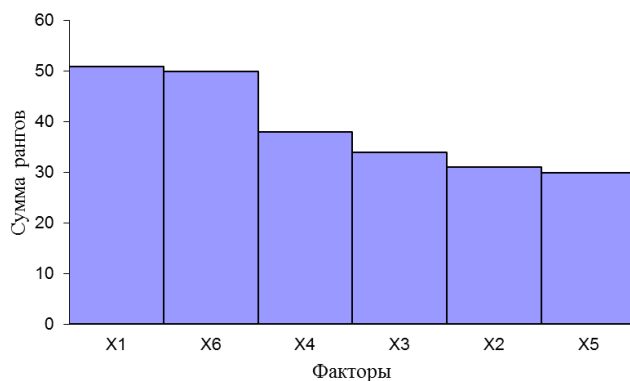


Рисунок 1. Диаграмма рангов, отражающая степень влияния разных факторов, характеризующих систему МТО и влияющих на простои автомобилей, по мнению экспертов

Источник: разработано авторами

Таким образом, по мнению экспертов, наиболее значимыми факторами, влияющими на простои автомобилей, являются существующий запас материально-технических ресурсов, а также затраты на материально-техническое обеспечение автотранспортных предприятий.

Формирование математической модели оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия

Для оптимизации затрат на МТО разработана целевая функция:

$$Z_{\text{сумм}} = \Pi_{\text{пр}} + Z_{\text{тз}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

где

$Z_{\text{сумм}}$ – суммарные затраты на материально-техническое обеспечение, р.;

$\Pi_{\text{пр}}$ – потери дохода от простоя в ТО и Р из-за отсутствия запасных частей (материалов), р.;

$Z_{ТЗ}$ – затраты на транспортно-заготовительные расходы ЗЧ, р.

Потери дохода от простоя в ТО и Р из-за отсутствия запасных частей (материалов) $\Pi_{пр}$ определяются:

$$\Pi_{пр} = T_{пр} \cdot C_{1ч}, \quad (2)$$

где

$T_{пр}$ – продолжительность простоя в ТО и Р из-за отсутствия запасных частей (материалов), ч.;
 $C_{1ч}$ – часовой доход от работы подвижного состава, р./ч.

Продолжительность простоя в ТО и Р из-за отсутствия запасных частей (материалов) можно представить:

$$T_{пр} = \begin{cases} 0, & N_{зчi} > 0 \\ \frac{D_{пр}}{T_{пост}} t_{см} \overline{N_{АТС}}, & N_{зчi} = 0 \end{cases}, \quad (3)$$

где

$D_{пр}$ – количество дней работы АТП в году, дни;
 $T_{пост}$ – периодичность поставок запасных частей и материалов, дни;
 $t_{см}$ – продолжительность рабочей смены, ч.;
 $\overline{N_{АТС}}$ – среднее количество простаивающих автомобилей из-за отсутствия запасных частей, ед.
 $N_{зчi}$ – количество запасных частей, материалов i -го наименования, ед.
 Затраты на транспортно-заготовительные работы можно представить:

$$Z_{ТЗ} = N_{т.-з.} \cdot C_{т.-з.} = \frac{D_{пр}}{T_{пост}} \cdot C_{т.-з.} \quad (4)$$

где

$N_{т.-з.}$ – количество транспортно-заготовительных операций, ед.;
 $C_{т.-з.}$ – стоимость транспортно-заготовительных операций, р.

Таким образом, целевая функция оптимизации затрат на МТО примет вид:

$$Z_{сумм} = \frac{D_{пр}}{T_{пост}} t_{см} \overline{N_{АТС}} \cdot C_{1ч} + \frac{D_{пр}}{T_{пост}} \cdot C_{т.-з.} \rightarrow \min, \quad (5)$$

$$253 < D_{пр} < 365; \quad 1 \leq T_{пост} \leq 365; \quad 8 \leq t_{см} \leq 24.$$

Таким образом, получено выражение для установления оптимальной периодичности поставок материально-технических ресурсов с учетом как стоимости транспортно-заготовительных расходов, так и потерь от простоев подвижного состава в ожидании необходимых ресурсов.

Результаты исследования

На рисунке 2 представлены результаты установления оптимальной периодичности поставок материально-технических ресурсов на основе минимизации суммарных затрат на МТО $Z_{сумм}$. При этом параметры определены для количества поставок: 1 – ежедневные поставки; 2 – поставки два раза в неделю; 3 – поставки один раз в неделю; 4 – поставки один раз в две недели; 5 – поставки раз в месяц; 6 – поставки один раз в два месяца.

Полученные расчетным путем значения потерь дохода от простоев, транспортно-заготовительных расходов и суммарных затрат для каждой из перио-

дичностей поставок аппроксимированы средствами программного продукта «Excel». Полученное значение минимума суммарных затрат соответствует оптимальной периодичности поставок материально-технических ресурсов примерно один раз в неделю. Данное условие определялось для режима работы пассажирского автотранспортного предприятия 365 дней, продолжительности смены 12 часов, количества автобусов большого класса 100 ед. и стоимости часа работы подвижного состава 2000 р.

Заключение

В результате проведенного исследования установлена структура непроизводительных простоев автотранспортных средств. При этом 36% общего времени простоя приходится на технологические процессы технического обслуживания и ремонта автомобилей. Существенную долю данного времени (31%) составляют простои в ожидании запасных частей и материалов.

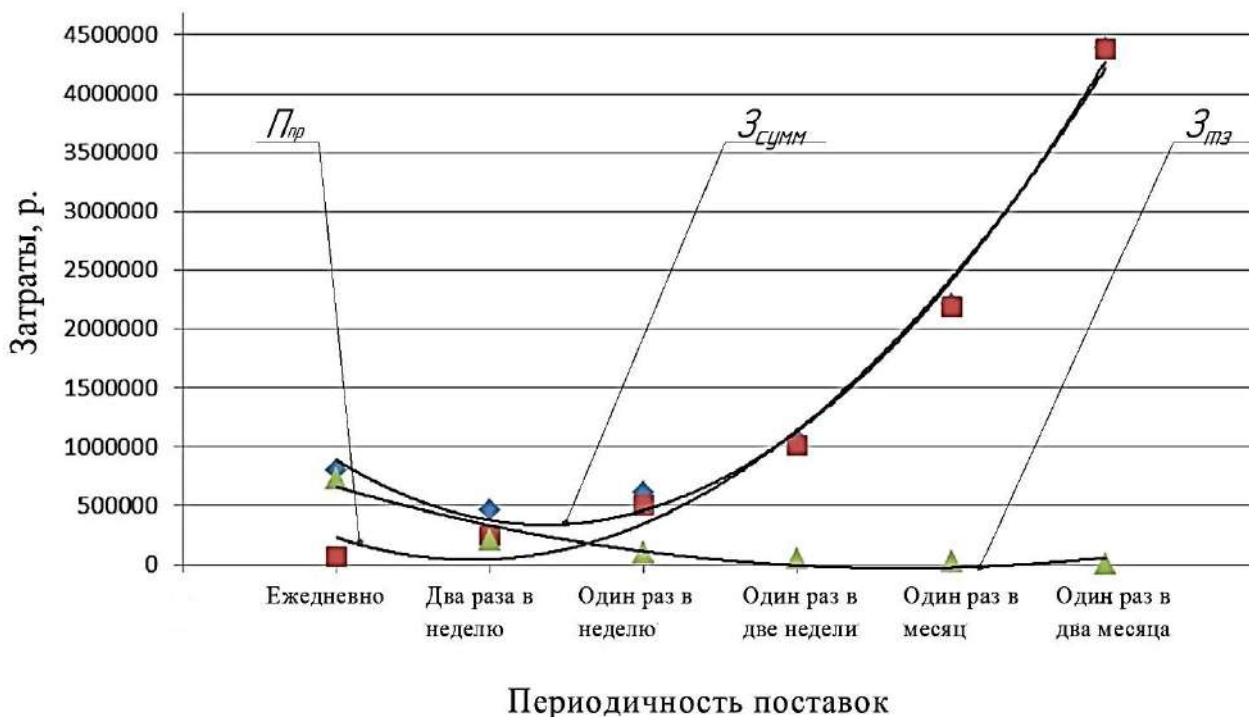


Рисунок 2. Результаты установления оптимальной периодичности поставок материально-технических ресурсов

Источник: разработано авторами

В результате проведенного опроса экспертов установлено, наиболее значимыми факторами, влияющими на простой автомобилей, являются существующий запас материально-технических ресурсов, а также затраты на материально-техническое обеспечение автотранспортных предприятий.

Разработанная математическая модель оптимизации затрат на материально-техническое обеспечение автотранспортного предприятия позволяет установить оптимальную периодичность поставок материально-технических ресурсов с учетом режима и по-

казателей работы предприятия – количества рабочих дней в году, продолжительности рабочей смены, стоимости 1 часа работы автотранспортных средств.

Направлением дальнейших исследований является разработка алгоритма формирования рациональной системы МТО автотранспортного предприятия, установление взаимосвязи периодичности поставок материально-технических ресурсов для автотранспортных предприятий с размером партий ресурсов и их стоимостью.

Литература

1. Базанов А. В., Козин Е. С., Бауэр В. И. Проблема обеспечения запасными частями автотранспортных предприятий нефтепроводной отрасли в Западной Сибири // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2015. – № 4. – С. 131–134. – EDN: VPUPVN.
2. Белов С. А., Тахтамышев Х. М. Методика прогнозирования отказов элементов для разновозрастной группы автомобилей // Вестник евразийской науки. – 2019. – Т. 11, № 5. – С. 34. – EDN: RVKBUN.
3. Булатов С. В. Определение оптимального ресурса деталей при техническом обслуживании и ремонте на основе мониторинга транспорта // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2022. – № 1. – С. 12–17. – <https://doi.org/10.15593/24111678/2022.01.02>. – EDN: AVLPPY.
4. Булатов С. В. Определение потребности автотранспортных предприятий в запасных частях методом прогнозирования // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2021. – № 3. – С. 14–19. – <https://doi.org/10.15593/24111678/2021.03.02>. – EDN: WAUDHV.

5. Гунба В. С. Методика управления техническим состоянием автомобилей в процессе ремонта по техническому состоянию // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева. – 2015. – № 3(27). – С. 60–64. – EDN: UXKGIR.
6. Зарипов А. Р. Логистика распределения (на примере цепей поставок запасных частей для грузовых автомобилей) // Социально-экономические и технические системы: исследование, проектирование, оптимизация. – 2008. – № 9. – С. 10. – EDN: KWAZEX.
7. Захаров Н. С., Попцов В. В., Сапоженков Н. О. Расчётное исследование надёжности автомобилей на основе фактических отказов // Научно-технический вестник Поволжья. – 2022. – № 11. – С. 58–61. – EDN: XUPDLY.
8. Захаров Н. С., Теньковская С. А., Акжол Уулу А. Влияние наработки автомобилей нефтегазодобывающего предприятия на расход запасных частей // Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2018. – № 7. – С. 84–87. – EDN: VGKLTF.
9. Захаров Н. С., Теньковская С. А., Власов А. В. Совершенствование методики формирования потребности в запасных частях для автомобилей при обслуживании объектов нефтегазодобычи // Транспорт. Транспортные сооружения. Экология. – 2019. – № 2. – С. 32–40. – <https://doi.org/10.15593/24111678/2019.02.04>. – EDN: XRCMLD.
10. Зиганшин Р. А. Влияние сезонных изменений условий и интенсивности эксплуатации на поток требований на запасные части при эксплуатации специальной нефтепромысловой техники // Перспективы науки. – 2013. – № 12(51). – С. 52–54. – EDN: SDLPQL.
11. Ковалев Р. Н., Степанов А. С., Черницын С. А. Повышение эффективности эксплуатации транспортных средств путем прогнозирования потребности в запасных частях // Фундаментальные исследования. – 2014. – № 6–7. – С. 1361–1364. – EDN: SFUDYT.
12. Мельников А. Н., Миляев Е. К., Любимов И. И. Совершенствование материально-технического обеспечения автотранспортных предприятий // Прогрессивные технологии в транспортных системах : Двенадцатая международная научно-практическая конференция, посвящается 60-летию Оренбургского государственного университета, Оренбург, 22–24 апреля 2015 года / Ответственный редактор: В. И. Рассоха, И. Х. Хасанов (отв. секретарь). – Оренбург: Оренбургский государственный институт менеджмента, 2015. – С. 420–424. – EDN: TQECAN.
13. Новиков А. И., Новикова Т. П. Априорное ранжирование факторов в моделировании технических систем // Моделирование систем и процессов. – 2016. – № 1. – С. 37–40. – <https://doi.org/10.12737/21625>.
14. Ременцов А. Н., Зенченко В. А., Фетисов П. Б. Математическая модель определения и планирования потребности в запасных частях // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2010. – № 3(22). – С. 7–11. – EDN: MWAQZJ.
15. Ременцов А. Н., Зенченко В. А., Фетисов П. Б. Управление запасами запасных частей автотранспортных средств, выполняющих перевозку строительных грузов // Технология колесных и гусеничных машин. – 2015. – № 5. – С. 41–46. – EDN: UUXFER.
16. Таран С. А. Как организовать склад: практические рекомендации профессионала – М.: Альфа-Пресс, 2006. – 160 с.
17. Тахтамышев Х. М. Вероятностные модели формирования обменного фонда узлов и агрегатов автомобилей на автотранспортных предприятиях // Интернет-журнал Науковедение. – 2014. – № 6(25). – С. 14. – EDN: TTHJGJ.
18. Чучунский И. Рациональное использование складских площадей и объемов // Складские технологии. – 2005. – № 2. – С. 45–49.
19. Abdi et al. (2018) An optimization model for fleet management with economic and environmental considerations, under a cap-and-trade market. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 204, pp. 130–143. (In Eng.).
20. Ajukumar V. N et al (2013) Evaluation of green maintenance initiatives in design and development of mechanical systems using an integrated approach. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 51, pp. 34–46. (In Eng.).
21. Ba K. et al. (2016) Joint optimization of preventive maintenance and spare parts inventory for an optimal production plan with consideration of CO₂ emission. In book: *Reliability Engineering & System Safety*, 149, pp. 172–186. (In Eng.).
22. Bondarenko E. et al. (2022) Improving the Efficiency of Vehicle Operation by Defining the Organizational and Methodological Parameters of the Spare Parts Incoming Inspection System In book: *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles*, Vol. 1, pp. 1083–1089. – https://doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0_110. (In Eng.).

References

1. Bazanov, A. V., Kozin, E. S., Bauer, V. I. (2024) [The problem of providing motor transport enterprises of the oil pipeline industry in Western Siberia with spare parts]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 131–134. – EDN: VPUPVH. (In Russ.).
2. Belov, S. A., Takhtamyshev, H. M. (2019) [Methodology for predicting component failures for a mixed-age group of vehicles]. *Vestnik yevraziyskoy nauki* [Bulletin of Eurasian Science]. Vol. 11, No. 5, pp. 34. – EDN: RVKBUN. (In Russ.).
3. Bulatov, S. V. (2022) [Determination of the optimal resource of parts during maintenance and repair based on transport monitoring]. *Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport structures. Ecology]. Vol. 1, pp. 12–17. – <https://doi.org/10.15593/24111678/2022.01.02>. – EDN: AVLPPY. (In Russ.).
4. Bulatov, S. V. (2021) [Determining the Needs of Motor Transport Enterprises for Spare Parts by the Forecasting Method]. *Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport Facilities. Ecology]. Vol. 3, pp. 14–19. – <https://doi.org/10.15593/24111678/2021.03.02>. – EDN: WAUDHV. (In Russ.).
5. Gunba, V. S. (2015) [Methodology for Managing the Technical Condition of Vehicles during Repairs Based on Technical Condition]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo agrotekhnologicheskogo universiteta im. P.A. Kostycheva* [Bulletin of the Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev]. Vol. 3(27), pp. 60–64. – EDN: UXKGIR. (In Russ.).
6. Zaripov, A. R. (2008) [Distribution logistics (on the example of supply chains of spare parts for trucks)]. *Sotsial'no-ekonomicheskiye i tekhnicheskiye sistemy: issledovaniye, proyektirovaniye, optimizatsiya* [Socio-economic and technical systems: research, design, optimization]. Vol. 9, pp. 10. – EDN: KWAZEX. (In Russ.).
7. Zakharov, N. S., Poptsov, V. V., Sapozhenkov, N. O. (2022) [Calculation study of vehicle reliability based on actual failures]. *Nauchno-tekhnicheskiiy vestnik Povolzh'ya* [Scientific and Technical Bulletin of the Volga Region]. Vol. 11, pp. 58–61. – EDN: XUPDLY. (In Russ.).
8. Zakharov, N. S., Tenkovskaya, S. A., Akzhol, Uulu A. (2018) [Influence of the operating time of vehicles of an oil and gas producing enterprise on the consumption of spare parts]. *Intellekt. Innovacii. Investicii* [Intellect. Innovations. Investments]. Vol. 4, pp. 84–87. – EDN: VGKLTf. (In Russ.).
9. Zakharov, N. S., Tenkovskaya, S. A., Vlasov, A. V. (2019) [Improving the methodology for forming the need for spare parts for vehicles during servicing oil and gas production facilities]. *Transport. Transportnyye sooruzheniya. Ekologiya* [Transport. Transport structures. Ecology]. Vol. 2, pp. 32–40. – <https://doi.org/10.15593/24111678/2019.02.04>. – EDN: XRCMLD. (In Russ.).
10. Ziganshin, R. A. (2013) [The impact of seasonal changes in operating conditions and intensity on the flow of demands for spare parts during the operation of special oilfield equipment]. *Perspektivy nauki* [Prospects of Science]. Vol. 12(51), pp. 52–54. – EDN: SDLPQL. (In Eng.).
11. Kovalev, R. N., Stepanov, A. S., Chernitsyn, S. A. (2014) [Improving the efficiency of vehicle operation by forecasting the need for spare parts]. *Fundamental'nyye issledovaniya* [Fundamental research]. Vol. 6-7, pp. 1361–1364. – EDN: SFUDYT. (In Russ.).
12. Melnikov, A. N., Milyaev, E. K., Lyubimov, I. I. (2015) [Improving the material and technical support of motor transport enterprises]. *Progressivnyye tekhnologii v transportnykh sistemakh : Dvenadtsataya mezhdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya, posvyashchayetsya 60-letiyu Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta, Orenburg, 22–24 aprelya 2015 goda* [Progressive technologies in transport systems: The Twelfth international scientific and practical conference, dedicated to the 60th anniversary of the Orenburg State University, Orenburg, April 22–24, 2015]. Editor-in-chief: V. I. Rassokha, I. Kh. Khasanov (responsible secretary). Orenburg: Orenburg State Institute of Management, pp. 420–424. – EDN: TQECAN. (In Russ.).
13. Novikov, A. I., Novikova, T. P. (2016) [A priori ranking of factors in modeling technical systems]. *Modelirovaniye sistem i protsessov* [Modeling of systems and processes]. Vol. 1, pp. 37–40. – <https://doi.org/10.12737/21625>. (In Russ.).
14. Rementsov, A. N., Zenchenko, V. A., Fetisov, P. B. (2010) [Mathematical model for determining and planning the need for spare parts]. *Vestnik Moskovskogo avtomobil'no-dorozhnogo gosudarstvennogo tekhnicheskogo universiteta (MADI)* [Bulletin of the Moscow Automobile and Road State Technical University (MADI)]. Vol. 3(22), pp. 7–11. – EDN: MWAQZJ. (In Russ.).
15. Rementsov, A. N., Zenchenko, V. A., Fetisov, P. B. (2015) [Management of spare parts stocks for motor vehicles transporting construction materials]. *Tekhnologiya kolesnykh i gusenichnykh mashin* [Technology of wheeled and tracked vehicles]. Vol. 5, pp. 41–46. – EDN: UUXFER.
16. Taran, S. A. (2006) *Kak organizovat' sklad: prakticheskkiye rekomendatsii professionala* [How to organize a

warehouse: practical recommendations from a professional]. М.: Alfa-Press, 160 p.

17. Takhtamyshev, H. M. (2014) [Probability models for the formation of an exchange fund of vehicle units and assemblies at motor transport enterprises]. *Internet-zhurnal Naukovedeniye* [Internet journal Naukovedenie]. Vol. 6 (25), pp. 14. – EDN: TTHJGJ. (In Russ.).

18. Chuchunsky, I. (2005) [Rational use of warehouse space and volumes]. *Skladskiyе tekhnologii* [Warehouse technologies]. Vol. 2, pp. 45–49. (In Russ.).

19. Abdi, et al. (2018) An optimization model for fleet management with economic and environmental considerations, under a cap-and-trade market. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 204, pp. 130–143. (In Eng.).

20. Ajukumar, V. N., et al. (2013) Evaluation of green maintenance initiatives in design and development of mechanical systems using an integrated approach. *Journal of Cleaner Production*, Vol. 51, pp. 34–46. (In Eng.).

21. Ba, K., et al. (2016) Joint optimization of preventive maintenance and spare parts inventory for an optimal production plan with consideration of CO₂ emission. *Reliability Engineering & System Safety*, 149, pp. 172–186. (In Eng.).

22. Bondarenko, E., et al. (2022) Improving the Efficiency of Vehicle Operation by Defining the Organizational and Methodological Parameters of the Spare Parts Incoming Inspection System. *Networked Control Systems for Connected and Automated Vehicles*, Vol. 1, pp. 1083–1089. – https://doi.org/10.1007/978-3-031-11058-0_110. (In Eng.).

Информация об авторах:

Риф Сагитович Фаскиев, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0009-0009-3773-4423

e-mail: f_rif_s@mail.ru

Алексей Николаевич Мельников, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0000-0001-7324-2674

e-mail: mlnikov@rambler.ru

Ерванд Грантович Кеян, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры технической эксплуатации и ремонта автомобилей, Оренбургский государственный университет, Оренбург, Россия

ORCID ID: 0009-0001-5658-782X

e-mail: keyan1959@mail.ru

Николай Викторович Шадрин, старший преподаватель кафедры транспорта, Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

ORCID ID: 0009-0004-4849-8191

e-mail: shadnik09@yandex.ru

Вклад соавторов:

Фаскиев Р. С. – 25%;

Мельников А. Н. – 25%;

Кеян Е. Г. – 25%;

Шадрин Н. В. – 25%.

Конфликт интересов отсутствует.

Статья поступила в редакцию: 19.03.2024; принята в печать: 05.11.2024.

Авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Information about the authors:

Rif Sagitovich Faskiev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia

ORCID ID: 0009-0009-3773-4423

e-mail: f_rif_s@mail.ru

Aleksej Nikolaevich Melnikov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia
ORCID iD: 0000-0001-7324-2674
e-mail: mlnikov@rambler.ru

Ervand Grantovich Keyan, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Associate Professor of the Department of Technical Operation and Repair of Automobiles, Orenburg State University, Orenburg, Russia
ORCID iD: 0009-0001-5658-782X
e-mail: keyan1959@mail.ru

Nikolay Viktorovich Shadrin, Senior Lecturer of the Department of Transport, Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia
ORCID iD: 0009-0004-4849-8191
e-mail: shadnik09@yandex.ru

Contribution of the authors:

Faskiev R. S. – 25%;

Melnikov A. N. – 25%;

Keyan E. G. – 25%;

Shadrin N. V. – 25%.

There is no conflict of interest.

The paper was submitted: 19.03.2024.

Accepted for publication: 05.11.2024.

The authors have read and approved the final manuscript.