



Влияние периодичности технического обслуживания на ресурс двигателей внутреннего сгорания

Н. С. Захаров¹, Н. О. Сапоженков¹ ✉, В. П. Назаров²

¹ Тюменский индустриальный университет, ул. Володарского, 38, Тюмень, 625000, Российская Федерация

² Югорский государственный университет, ул. Чехова, 16, Ханты-Мансийск, 628012, Российская Федерация

✉ sapozhenkovno@tyuiu.ru

Аннотация. Ресурс тепловых двигателей транспортных и транспортно-технологических машин определяет эффективность широкого спектра технологических операций, поэтому обеспечение качества технического обслуживания с учетом условий и интенсивности эксплуатации техники – актуальная задача. Исследования сфокусированы на анализе 10-летнего опыта эксплуатации двигателей внутреннего сгорания в транспортных подразделениях нефтегазодобывающих предприятий. На примере двигателей ЯМЗ-238 показано, что одной из основных причин снижения пробега до капитального ремонта является несвоевременное проведение технического обслуживания, коэффициент вариации периодичности которого превышает 0.5. Доведение этого значения до 0.1 повышает интегральные показатели безотказности функционирования и коэффициента технической готовности парка на 15 %, поэтому потенциальный резерв надежности двигателей может быть реализован на основе разработанного комплекса мероприятий по совершенствованию организации системы технического обслуживания в транспортных подразделениях нефтегазодобычи.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, унификация в технике, рекомендации заводов-изготовителей, наработки на отказ, периодичность технического обслуживания

Благодарности. Исследование выполнено за счет средств гранта НО «Благотворительный фонд «ЛУКОЙЛ».

Для цитирования: Захаров Н. С., Сапоженков Н. О., Назаров В. П. Влияние периодичности технического обслуживания на ресурс двигателей внутреннего сгорания. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2025;5(2):109–117. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2025-2-109-117> EDN: HPWCYK

The impact of maintenance frequency on the service life of internal combustion engines

Nickolay S. Zakharov¹, Nikolay O. Sapozhenkov¹ ✉, Vladimir P. Nazarov²

¹ Industrial University of Tyumen, 38 Volodarskogo St., Tyumen, 625000, Russian Federation

² Yugra University, 16 Chekhov St., Khanty-Mansiysk, 628012, Russian Federation

✉ sapozhenkovno@tyuiu.ru

Abstract. The service life of thermal engines in transportation and transport-technology machinery determines the efficiency of a wide range of technological operations. Therefore, ensuring high-quality

maintenance, considering the operating conditions and intensity of use, is a critical task. This research focuses on analyzing ten years of experience with internal combustion engines in transport divisions of oil and gas production companies. Using the YaMZ-238 engine as an example, it is shown that one of the primary reasons for the reduced mileage before overhaul is untimely maintenance, where the coefficient of variation in maintenance frequency exceeds 0.5. Reducing this value to 0.1 increases the integrated operational reliability and the technical readiness rate of the vehicle fleet by 15 per cent. Consequently, the potential reliability of the engines can be realized through a comprehensive set of measures designed to improve the organization of the maintenance system within the transport divisions of oil and gas production companies.

Keywords: internal combustion engine, unification in engineering, manufacturer's recommendations, time between failures, maintenance frequency

Acknowledgements. This research was supported by a grant from the NPO "LUKOIL Charity Fund".

For citation: Zakharov N. S., Sapozhenkov N. O., Nazarov V. P. The impact of maintenance frequency on the service life of internal combustion engines. *Architecture, Construction, Transport*. 2025;5(2):109–117. (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2025-2-109-117>



1. Введение / Introduction

Доля специальной техники, транспортных и транспортно-технологических машин в структуре парка нефтедобывающих компаний превышает 60 % [1]. Данное обстоятельство существенно осложняет организацию системы планово-предупредительного технического обслуживания, так как эксплуатация такой техники осуществляется в суровых климатических условиях при отсутствии качественных дорог и в значительной удаленности от центров технического обслуживания [2, 3]. Многообразие используемых марок техники в сочетании с особенностями выполняемых задач приводит к значительным отступлениям от регламентов и нормативов периодичности технического обслуживания, что существенно повышает риск возникновения отказов. Вопросам повышения надежности двигателей внутреннего сгорания техники в сфере нефтегазодобычи посвящено немало фундаментальных работ отечественных [3–5] и зарубежных ученых [6–8]. Авторы указывают, что эксплуатационный потенциал двигателей существенно зависит от совершенства конструкции, условий эксплуатации и качества технического обслуживания. В инструкциях по эксплуатации также отмечается, что ресурс зависит от периодичности, технологии и состава технических операций в рамках утвержденной планово-предупредительной системы поддержания работоспособности. В качестве решения, в частности, предлагается использование однотипных силовых агрегатов в структуре технологического транспорта [6, 7], что позволяет оптимизировать эксплуатационные расходы за счет унификации запасных частей, сокращения необходимой технологической оснастки и снижения затрат на оборудование производственно-технических баз. Вместе с тем разнообразие условий и режимов эксплуатации приводит к отклонениям от установленных интервалов технического обслуживания [8–10], негативно влияя на надежность и сокращает срок службы техники [11–13]. Поэтому для полноценной реализации показателей надежности необходимо учитывать фактический опыт эксплуатации с применением апробированных методов анализа, оптимизации и масштабирования полученных данных [14–16].

Таким образом, обеспечение надежности двигателей внутреннего сгорания для организации непрерывного функционирования техники с учетом показателей эффективности, производительности и безопасности является актуальной задачей, влияющей на себестоимость непрерывных технологических процессов в нефтегазодобывающей отрасли. Выявление ключевых причин снижения ресурса является основой для совершенствования системы технического обслуживания, предотвращения большинства отказов и своевременной адаптации к конструктивным изменениям новых моделей. В связи с этим соотношение значений фактических показателей эксплуатации с рекоменда-

циями заводов-изготовителей на основе анализа наработок до капитального ремонта служит одним из наиболее эффективных инструментов оценки резервов повышения надежности для разработки практических рекомендаций по совершенствованию методов организации технического обслуживания на автотранспортных предприятиях. В этой связи целью исследования являлся анализ показателей эксплуатации парка транспортных и транспортно-технологических машин для разработки мероприятий по повышению ресурса двигателей внутреннего сгорания на объектах нефтегазодобычи.

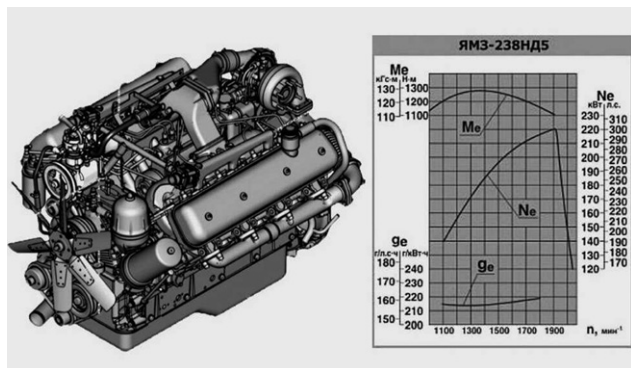


Рис. 1. Индикаторная диаграмма мощности и крутящего момента ЯМЗ-238НД5 (фото из открытых источников)

Fig. 1. Power and torque indicator diagram for YaMZ-238ND5 (photo from open sources)

Для оценки надежности были проанализированы данные по эксплуатации седельных тягачей МАЗ на инфраструктурных объектах нефтегазодобывающей отрасли. Выбор обусловлен интенсивной эксплуатацией данных грузовых автомобилей в несколько смен со среднегодовой наработкой более 100 тыс. км и регулярным техническим обслуживанием, что повышает достоверность полученных данных и позволяет применять их для исследования других типов транспортных средств с аналогичными двигателями. В качестве силового агрегата при комплектации такой техники используются двигатели ЯМЗ-238. Благодаря своей универсальности, прогрессивным техническим характеристикам, доступности запасных частей, конкурентной сто-

имости и наличию развитой сети технической поддержки завода-изготовителя данные двигатели широко используются в различных отраслях промышленности и транспорта с начала производства в 1960 г. (рис. 1).

Производитель предлагает различные комплектации двигателей, учитывающие специфические требования предприятий-изготовителей конечной техники. Каждая модификация проектируется в строгом соответствии с техническими заданиями и актуальными нормативными документами по эксплуатации, что позволяет использовать результаты исследования для повышения надежности силовых агрегатов в конструкции грузовых автомобилей, тракторов и других видов технологического транспорта [13].

2. Материалы и методы / Materials and methods

В ходе исследования были проанализированы данные по техническому обслуживанию и ремонту двигателей внутреннего сгорания в транспортных подразделениях организаций, занимающихся разработкой, строительством и обслуживанием нефтегазовых месторождений, за период более 10 лет. Полученная информация обрабатывалась с применением средств Microsoft Excel для определения технологически совместимых групп и формирования корректных датасетов с учетом условий и интенсивности эксплуатации.

На основании этого построены гистограммы плотности вероятности распределения наработок до технического обслуживания и капитального ремонта, по коэффициенту вариации которых приняты решения по совершенствованию методов обеспечения работоспособности, разработан комплекс организационно-технических мероприятий и определены резервы повышения надежности для обеспечения заданных показателей технической готовности парка.

Методология исследования основана на концепции формирования качества автомобильной техники [1], системном подходе и апробированных методах анализа данных [2–4].

3. Результаты и обсуждение / Results and discussion

Стратегия повышения надежности двигателей внутреннего сгорания реализуется через инструменты планово-предупредительной системы обслуживания. Данный подход позволяет определить приоритетные направления оптимизации на основе анализа фактических интервалов и отклонений реальной периодичности обслуживания от нормативной. Количественная оценка эксплуатационных показателей посредством коэффициента вариации позволяет объективно оценить своевременность и качество технического обслуживания путем анализа статистической изменчивости исследуемых параметров относительно средних значений в массиве экспериментальных данных.

Для рационального использования временных и материальных ресурсов при проведении технического обслуживания применяются методы унификации, это позволяет минимизировать излишнее разнообразие через оптимизацию количественных показателей, масштабов производства, технических характеристик и эксплуатационных параметров промышленного оборудования. Методология унификации активно используется при формировании технического парка нефтегазодобывающих предприятий, основой служат грузовые автомобили повышенной проходимости, на которые устанавливается специализированное оборудование (рис. 2).

Эффективность унификации измеряется коэффициентом доли унифицированных компонентов в общей номенклатуре деталей, его значение показывает соответствие процессов модернизации и адаптации техники к изменяющимся условиям эксплуатации, поэтому силовые установки стандартизированы и обеспечивают не только движение, но и работу дополнительного оборудования через механизмы отбора мощности. Это позволяет расширить перечень выполняемых задач для организации транспортного обеспечения процессов нефтегазодобычи [1], среди которых выделяют:

- техническую поддержку с применением вездеходной техники для перемещения и эксплуатации специального оборудования;
- реализацию срочных и плановых грузовых перевозок;
- обеспечение мобильности персонала;
- выполнение земляных и дорожно-строительных операций;
- организацию погрузочно-разгрузочных работ;
- снабжение удаленных производственных объектов необходимыми материалами.

Анализ статистики отказов и ресурсных показателей таких двигателей позволяет объективно корректировать периодичность технических воздействий в рамках системы технического обслуживания, что положительно отражается на эффективности эксплуатации. Параметры выполнения транспортной работы техники существенно отличаются, поэтому для корректной интерпретации полученных данных информация собиралась по однотипному технологическому транспорту, что повысило достоверность расчетов наработок до капитального ремонта. В результате исследования эксплуатационных характеристик репрезентативной выборки, включающей 70 силовых установок, документально зафиксировано, что средний пробег до капитального ремонта достигает 11.9 тыс. мото-часов при статистически значимом коэффициенте вариации равном 0.149. Комплексное изучение интервалов между техническими

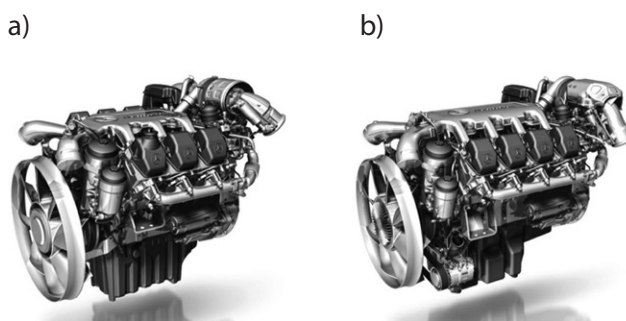


Рис. 2. Унификация дизельных двигателей внутреннего сгорания на примере автомобиля Mercedes Actros: а) двигатель V6 модели 501LA; б) двигатель V8 модели 502LA (фото из открытых источников)

Fig. 2. Unification of diesel internal combustion engines: the Mercedes Actros example: a) V6 Engine Model 501LA; b) V8 Engine Model 502LA (photo from open sources)

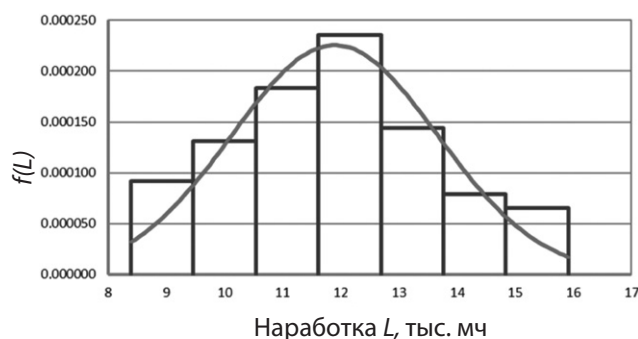


Рис. 3. Наработка до капитального ремонта ЯМЗ-238 (график составлен авторами)
Fig. 3. Time to overhaul for YaMZ-238 engine (graph compiled by the authors)

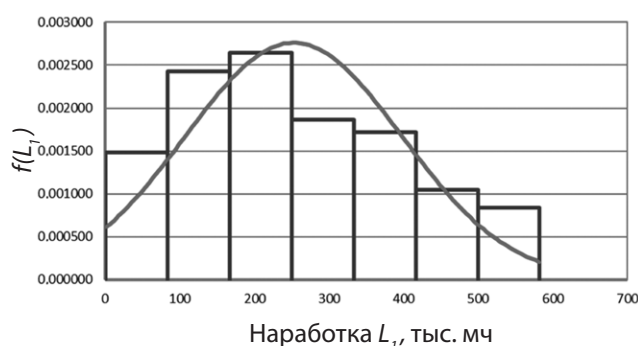


Рис. 4. Наработка до ТО-1 ЯМЗ-238 (график составлен авторами)
Fig. 4. Operating hours to maintenance No. 1 for YaMZ-238 engine (graph compiled by the authors)

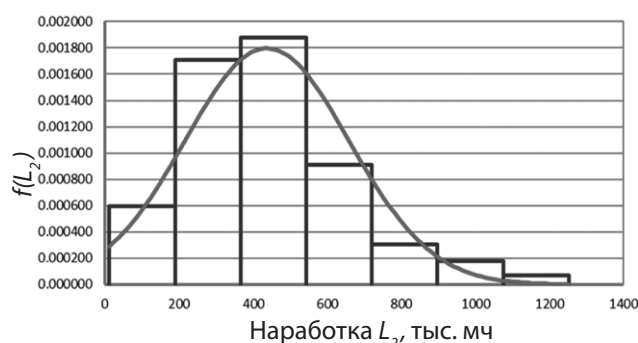


Рис. 5. Наработка до ТО-2 ЯМЗ-238 (график составлен авторами)
Fig. 5. Operating hours to maintenance No. 2 for YaMZ-238 engine (graph compiled by the authors)

обслуживаниями для двигателей ЯМЗ-238, реализованное в соответствии с методологическим подходом, описанным в источнике [2], позволило установить следующие закономерности (рис. 3).

Математико-статистическая обработка массива эмпирических данных свидетельствует о том, что среднестатистический временной промежуток до осуществления регламентных работ в рамках ТО-1 составляет 218.3 мото-часа при коэффициенте вариации 0.57. Наблюдаемая существенная дивергенция относительно нормативно установленных параметров периодичности технического сервиса обусловила необходимость проведения углубленного аналитического исследования данных по фактической периодичности регламентного обслуживания (рис. 4).

Расчеты показали, что средняя наработка до ТО-2 составляет 437 мото-часов с коэффициентом вариации 0.51, что свидетельствует о существенном отклонении фактической периодичности технического обслуживания от нормативной (рис. 5).

В соответствии с официальной технической документацией, ресурс двигателей ЯМЗ-238 до первого капитального ремонта находится в диапазоне от 10 до 24 тыс. мото-часов эксплуатации и зависит от специфики конкретной модификации, условий и интенсивности эксплуатации. Применительно к первой категории эксплуатации базовый нормативный показатель установлен на уровне 20 тыс. мото-часов. При этом, принимая во внимание технические рекомендации производителя автомобилей МАЗ для четвертой категории эксплуатации, данный параметр скорректирован до 14 тыс. мото-часов. Эмпирические данные эксплуатационных наблюдений демонстрируют, что фактический ресурс силовых агрегатов ЯМЗ-238 не достигает декларируемых производителем значений, причем зафиксированный коэффициент вариации менее 0.15 является индикатором интенсивного использования седельных тягачей в режиме магистральных грузоперевозок, пре-

имущественно по дорожным покрытиям без твердого основания, что подтверждает достоверность полученных результатов.

Доминирующим фактором расхождения между фактическими и нормативными показателями наработки идентифицировано несоблюдение регламентированных интервалов технического обслуживания. Документально зафиксированы следующие фактические интервалы:

- ТО-1: 8.73 тыс. км (эквивалентно 218.3 мото-часам);
- ТО-2: 17.5 тыс. км (эквивалентно 437 мото-часам).

При этом нормативные значения, установленные для четвертой категории эксплуатации:

- ТО-1: 5.6 тыс. км (эквивалентно 140 мото-часам);
- ТО-2: 16.8 тыс. км (эквивалентно 420 мото-часам).

Производитель регламентирует допустимые отклонения от нормативной периодичности обслуживания в следующих пределах:

- ТО-1: 500 км (эквивалентно 12.5 мото-часам);
- ТО-2: 1 000 км (эквивалентно 25 мото-часам).

Резерв повышения надежности силовых агрегатов ЯМЗ-238 может быть эффективно реализован посредством строгого соблюдения установленного интервала ТО-1, который равен 140 мото-часам. Накопленный эксплуатационный опыт и ранее выполненные исследования [2–5] подтверждают, что снижение коэффициента вариации до значения 0.1 создает предпосылки для повышения интегральных показателей безотказности функционирования и коэффициента технической готовности парка транспортных и транспортно-технологических машин более чем на 15 %. Следовательно, детерминирующим фактором повышения эксплуатационной надежности двигателей ЯМЗ-238 является разработка и внедрение комплекса организационно-технических мероприятий, обеспечивающих строгое соблюдение регламентированной периодичности технического обслуживания ТО-1 и ТО-2.

4. Заключение / Conclusions

Проведенный комплексный анализ эксплуатационных показателей двигателей ЯМЗ-238 до капитального ремонта при использовании на седельных тягачах позволил установить, что фактический ресурс не достигает установленных нормативных значений с коэффициентом вариации наработок на отказ менее 0.15. Характер и частота возникновения неисправностей указывают на существенные возможности улучшения показателей надежности через совершенствование системы технического обслуживания. Статистический анализ собранных данных позволяет выделить следующие ключевые направления оптимизации:

- внедрение научно обоснованных нормативов периодичности технического обслуживания для предотвращения выявленных отказов на основании системы профилактических проверок технического состояния в рамках планового обслуживания;
- разработка модели прогнозирования трудозатрат на текущий ремонт автопарка с учетом растущей наработки для эффективного планирования загрузки ремонтных площадей и формирования оптимального запаса комплектующих, расходных материалов и специального инструмента для проведения ремонтных работ;
- совершенствование системы планирования финансовых затрат для поддержания работоспособности автопарка и осуществление своевременной корректировки сроков эксплуатации с учетом выявленных значимых факторов влияния.

Результаты исследования показали, что ключевой причиной несоответствия реального ресурса двигателей заявленным нормативам является нарушение сроков проведения ТО-1 и ТО-2, что подтверждается коэффициентом вариации наработок постановки на техническое обслуживание более 0.5. Следовательно, повышение надежности двигателей ЯМЗ-238 может быть достигнуто путем разработки и внедрения комплекса мер, обеспечивающих строгое соблюдение установленных интервалов обслуживания и корректирования периодичности ТО-1 до 140 мото-часов наработки.



Вклад авторов. Авторы сделали эквивалентный вклад в подготовку публикации.
Author contributions. All authors contributed equally to preparing the publication.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest. The authors declare no relevant conflict of interest.

Список литературы

1. Захаров Н. С., Некрасов В. И., Базанов А. В., Бауэр В. И., Бояркина Е. Ф., Вохмин Д. М. (и др.). *Сервис транспортных, технологических машин и оборудования в нефтегазодобыче*. Тюмень: Тюменский индустриальный университет; 2019.
2. Захаров Н. С. *Моделирование процессов изменения качества автомобилей*. Тюмень: Тюменский государственный нефтегазовый университет; 1999. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21266500>.
3. Захаров Н. С., Сапоженков Н. О. Моделирование процессов формирования уровня заряженности автомобильных аккумуляторных батарей в зимний период. *Современные технологии. Системный анализ. Моделирование*. 2016;(3):232–237.
4. Кузнецов Е. С. *Управление технической эксплуатацией автомобилей*. 2-е изд., перераб. и доп. Москва: Транспорт; 1990.
5. Великанов Н. Л., Наумов В. А. Моделирование и анализ внешних скоростных характеристик дизелей при проектировании. *Технико-технологические проблемы сервиса*. 2024;(1):19–22. URL: <https://sciup.org/148328239>.
6. Srinivaas A., Sakthivel N. R., Nair B. B. Machine Learning Approaches for Fault Detection in Internal Combustion Engines: A Review and Experimental Investigation. *Informatics*. 2025;12(1):25. <https://doi.org/10.3390/informatics12010025>
7. Santonocito D., Brusca S. Analytical and numerical methods for the identification of torsional oscillations and forcing in internal combustion engines. *Engineering Proceedings*. 2025;85(1):3. <https://doi.org/10.3390/engproc2025085003>
8. Liss M., Martynyuk V., Martinod R. Dynamic analysis of an internal combustion engine made in downsizing technology. *MATEC Web of Conferences*. 2024;391:01009. <https://doi.org/10.1051/matecconf/202439101009>.
9. Борисенко А. Н. Совершенствование системы технического обслуживания и ремонта карьерных автосамосвалов в условиях холодных районов с использованием цифрового двойника автотранспортного предприятия. *Архитектура, строительство, транспорт*. 2024;(4)88–97. <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-4-88-97>.
10. Бондарева Г. И., Темасова Г. Н., Вергазова Ю. Г., Леонов Д. О. Элементы мониторинга затрат на контроль при ремонте дизелей ЯМЗ. В сб.: *Приоритетные направления инновационной деятельности в промышленности: сборник научных статей VIII международной научной конференции, Казань, 2021*. Казань: Конверт; 2021. С. 8–11. URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46582904>.
11. Иовлев Г. А., Голдина И. И. Износ: определение, практическое значение для организации технического обслуживания и ремонта. *Транспорт. Транспортные сооружения. Экология*. 2021;(1):31–39. URL: https://vestnik.pstu.ru/obgtrans/archives/?id=&folder_id=9987.
12. Дунаев А. В., Ломовских А. Е., Пустовой И. Ф., Саяпин А. С. Апробированное совершенствование сервиса автотракторных двигателей. *Технический сервис машин*. 2021;(1):24–33. <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2021-59-1-24-33>
13. Родионов Ю. В., Баглаев А. А., Свиридов А. А., Север А. В., Хохлов И. Г., Кубасов В. Г. Повышение эксплуатационных показателей дизельного двигателя внутреннего сгорания. *Наука в центральной России*. 2024;68(2):33–46. <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-2-33-46>
14. Андросов П. В. Специфика эксплуатации в условиях Крайнего Севера технологических машин и оборудования. *Теория и практика науки*. 2022;(8):28–36.
15. Курносов А. Ф., Гуськов Ю. А. Концептуальная модель диагностической системы для оценки технического состояния двигателя внутреннего сгорания. *Дальневосточный аграрный вестник*. 2023;17(4):185–196.
16. Холхужаев Э. М. Производственно-логистическое планирование технического обслуживания и ремонта автомобилей. *Вестник науки*. 2022;3(3):145–149. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48109210>.

References

1. Zakharov N. S., Nekrasov V. I., Bazanov A. V., Bauer V. I., Boyarkina Ye. F., Vokhmin D. M. [et al.]. *Service of transport, technological machines and equipment in oil and gas production*. Tyumen: Industrial University of Tyumen; 2019. (In Russ.)

2. Zakharov N. S. *Simulation of processes of change in quality cars*. Tyumen: Tyumen State Oil and Gas University; 1999. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=21266500>.
3. Zakharov N. S., Sapozhenkov N. O. Modelling of formation car batteries level of charge in winter. *Modern Technologies. System Analysis. Modeling*. 2016;(3):232–237. (In Russ.)
4. Kuznetsov Ye. S. *Management of technical operation of vehicles*. 2nd edition, revised. Moscow: Transport; 1990. (In Russ.)
5. Velikanov N. L., Naumov V. A. Modeling and analysis of external high-speed characteristics of diesel engines in the design. *Technico-tehnologicheskie problemy servisa*. 2024;(1):19–22. (In Russ.) URL: <https://sciup.org/148328239>.
6. Srinivaas A., Sakthivel N. R., Nair B. B. Machine Learning Approaches for Fault Detection in Internal Combustion Engines: A Review and Experimental Investigation. *Informatics*. 2025;12(1):25. <https://doi.org/10.3390/informatics12010025>
7. Santonocito D., Brusca S. Analytical and numerical methods for the identification of torsional oscillations and forcing in internal combustion engines. *Engineering Proceedings*. 2025;85(1):3. <https://doi.org/10.3390/engproc2025085003>
8. Liss M., Martynyuk V., Martinod R. Dynamic analysis of an internal combustion engine made in downsizing technology. *MATEC Web of Conferences*. 2024;391:01009. <https://doi.org/10.1051/mateconf/202439101009>.
9. Borisenko A. N. Enhancement of the maintenance and repair system for haul trucks in cold regions using a digital twin of the transportation enterprise. *Architecture, Construction, Transport*. 2024;(4):88–97. (In Russ.) <https://doi.org/10.31660/2782-232X-2024-4-88-97>
10. Bondareva G. I., Temasova G. N., Vergazova YU. G., Leonov D. O. Elements of monitoring costs for control during repair of YAMZ diesel engines. In: *Priority areas of innovation activity in industry: collection of scientific articles of the VIII international scientific conference, Kazan, 2021*. Kazan: Konvert; 2021. P. 8–11. (In Russ.) URL: <https://www.elibrary.ru/item.asp?id=46582904>.
11. Iovlev G. A., Goldina I. I. Wear: definition, practical importance for the arrangement of maintenance and repair. *Transport. Transport Facilities. Ecology*. 2021;(1):31–39. (In Russ.) URL: https://vestnik.pstu.ru/obgtrans/archives/?id=&folder_id=9987.
12. Dunaev A. V., Lomovskikh A. E., Pustovoy I. F., Sayapin A. S. Approbated improvement of the service of automotive engines. *Machinery Technical Service*. 2021;(1):24–33. <https://doi.org/10.22314/2618-8287-2021-59-1-24-33>
13. Rodionov Yu., Baglaev A., Sviridov A., Sever A., Khokhlov I., Kubasov V. Increasing the performance indicators of a diesel internal combustion engine. *Science in the Central Russia*. 2024;68(2):33–46. (In Russ.) <https://doi.org/10.35887/2305-2538-2024-2-33-46>
14. Androsova P. V. Specifics of operation in the conditions of the far north of technological machines and equipment. *Teoriya i praktika sovremennoy nauki*. 2022;(8):28–36. (In Russ.)
15. Kurnosov A. F., Guskov Yu. A. Conceptual model of a diagnostic system for assessing technical condition of internal combustion engine. *Far East agrarian herald*. 2023;17(4):185–196. (In Russ.)
16. Kholkhuzhaev E. M. Production and logistics planning of car maintenance & repair. *Science Bulletin*. 2022;3(3):145–149. URL: <https://elibrary.ru/item.asp?id=48109210>.



Информация об авторах

Захаров Николай Степанович, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры сервиса автомобилей и технологических машин, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, zakharovns@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8415-0505>

Сапоженков Николай Олегович, канд. техн. наук, доцент, доцент кафедры сервиса автомобилей и технологических машин, Тюменский индустриальный университет, Тюмень, Российская Федерация, sapozhenkovno@tyuiu.ru

Назаров Владимир Павлович, канд. техн. наук, доцент, доцент высшей инженеринговой школы, Югорский государственный университет, Ханты-Мансийск, Российская Федерация, vpnazarov72@yandex.ru

Information about the authors

Nikolay S. Zakharov, Dr. Sci. (Engineering), Professor, Head in the Department of Automative Service and Technological Machinery, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, zakharovns@tyuiu.ru, <https://orcid.org/0000-0001-8415-0505>

Nikolay O. Sapozhenkov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor in the Department of Automative Service and Technological Machinery, Industrial University of Tyumen, Tyumen, Russian Federation, sapozhenkovno@tyuiu.ru

Vladimir P. Nazarov, Cand. Sci. (Engineering), Associate Professor, Associate Professor of the Higher Engineering School, Yugra University, Khanty-Mansiysk, Russian Federation, vpnazarov72@yandex.ru

*Получена 20 декабря 2024 г., одобрена 24 марта 2025 г., принята к публикации 30 мая 2025 г.
Received 20 December 2024, Approved 24 March 2025, Accepted for publication 30 May 2025*