



2.9.5 – эксплуатация автомобильного транспорта

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ
ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТА
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА
НА ОСНОВЕ LCC-АНАЛИЗА
И УПРАВЛЕНИЯ ИЗНОСОМ**

**ASSESSMENT OF THE EFFICIENCY
OF OPERATION AND REPAIR
OF MOTOR VEHICLES BASED ON LCC
ANALYSIS AND WEAR MANAGEMENT**

✉¹ **Жайворонок Денис Александрович**,
к.т.н., доцент кафедры производства, ре-
монта и эксплуатации машин, Воронежский
государственный лесотехнический универ-
ситет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж,
e-mail: dzhavoronok@bk.ru

✉¹ **Zhayvoronok Denis Alexandrovich**,
candidate of technical sciences, associate professor
of the department of production, repair and opera-
tion of machines, Voronezh state forestry univer-
sity named after G.F. Morozov, Voronezh, e-mail:
dzhavoronok@bk.ru

Иванников Валерий Александрович,
д.т.н., профессор кафедры производства, ре-
монта и эксплуатации машин, Воронежский
государственный лесотехнический универ-
ситет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Ivannikov Valery Aleksandrovich,
doctor of technical sciences, professor of the de-
partment of production, repair, and operation of
machines, Voronezh state forestry university
named after G.F. Morozov, Voronezh.

Шаталов Евгений Владимирович,
к.т.н., доцент кафедры организации перево-
зок и безопасности движения, Воронежский
государственный лесотехнический универ-
ситет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Shatalov Evgeny Vladimirovich,
candidate of technical sciences, associate professor
of the department of production, repair and opera-
tion of machines, Voronezh state forestry univer-
sity named after G.F. Morozov, Voronezh.

Черников Эдуард Анатольевич,
к.т.н., доцент кафедры промышленного транс-
порта, строительства и геодезии Воронежский
государственный лесотехнический универси-
тет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Chernikov Eduard Anatolyevich,
candidate of technical sciences, associate professor
at the department of industrial transport, construction,
and geodesy, Voronezh state forestry university
named after G.F. Morozov, Voronezh.

Маклакова Елена Альбертовна,
д.фил.н., профессор кафедры иностранных
языков, Воронежский государственный ле-
сотехнический университет имени Г.Ф. Мо-
розова, г. Воронеж.

Maklakova Elena Albertovna,
doctor of philology, professor of the department of
foreign languages, Voronezh state forestry univer-
sity named after G.F. Morozov, Voronezh.

Зеликов Владимир Анатольевич,
д.т.н., профессор кафедры организации пере-
возок и безопасности движения, Воронеж-
ский государственный лесотехнический уни-
верситет имени Г.Ф. Морозова, г. Воронеж.

Zelikov Vladimir Anatolyevich,
doctor of technical sciences, professor of the or-
ganization of transportation and traffic safety, Vo-
ronezh state forestry university named after G.F.
Morozov, Voronezh.

Аннотация. В статье проведён комплексный анализ современного состояния и трансформации системы технической эксплуатации и ремонта (ТЭР) автомобильного транспорта. На основе методологии управления стоимостью жизненного цикла (LCC) и анализа специфики российского автопарка разработана система количественных показателей для оценки эффективности. Практическое применение модели продемонстрировано на примерах расчёта целесообразности ремонта, оценки износа и экономической эффективности предиктивного обслуживания. Результаты подтверждают, что переход к управлению на основе данных является ключевым фактором снижения затрат и повышения надёжности в условиях стареющего парка транспортных средств.

Ключевые слова: ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ, РЕМОНТ АВТОМОБИЛЕЙ, СТОИМОСТЬ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА (LCC), ПРЕДИКТИВНОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ АВТОПАРКОМ, ПОКАЗАТЕЛИ ЭФФЕКТИВНОСТИ (KPI).

Annotation. The article provides a comprehensive analysis of the current state and transformation of the system of technical operation and repair of motor transport. Based on the methodology of life cycle cost management (LCC) and analysis of the specifics of the Russian fleet, a system of quantitative indicators has been developed to assess efficiency. The practical application of the model is demonstrated by examples of calculating the feasibility of repairs, assessing wear and cost-effectiveness of predictive maintenance. The results confirm that the transition to data-driven management is a key factor in reducing costs and improving reliability in an aging fleet of vehicles.

Keywords: TECHNICAL OPERATION, CAR REPAIR, COST OF LIFE CYCLE (LCC), PREVENTIVE MAINTENANCE, FLEET MANAGEMENT, PERFORMANCE INDICATORS (KPI).

¹ Автор для ведения переписки

1 Состояние вопроса исследования и актуальность работы

Автомобильный транспорт сохраняет лидирующие позиции в логистике и пассажирских перевозках, оставаясь критически важным для экономики России и мира в целом. Его доля в мировом пассажирообороте превышает 70 %, а ключевыми преимуществами являются гибкость, универсальность и способность обеспечивать доставку «от двери до двери».

Система технической эксплуатации и ремонта (ТЭР) автомобильного транспорта исторически формировалась как ответ на необходимость поддержания растущего парка машин в работоспособном состоянии. В России эта система развивается в условиях специфической структуры автопарка, для которой характерен высокий средний возраст транспортных средств. По данным Росстата на конец 2023 года в России было зарегистрировано 52,8 млн легковых автомобилей, из которых более 60 % старше 10 лет [1]. Этот фактор оказывает определяющее влияние на объем и характер спроса на услуги ТЭР, делая рынок ремонта и обслуживания критически важной отраслью экономики.

Основным фактором, определяющим специфику российского рынка ТЭР, является возрастная структура парка (табл. 1).

Как видно из табл. 1, основной объем рынка услуг ТЭР формируют автомобили старше 10 лет (более 60 % парка), для которых характерен не столько план, сколько аварийный и подерживающий ремонт. Это создает высокую нагрузку на логистику запчастей и требует от сервисов гибкости [2, 3].

Таблица 1 – Возрастные группы легковых автомобилей РФ

Возрастная группа (лет)	Количество автомобилей, млн. ед. (оценка)	Доля от общего парка, %	Характерный спрос на услуги ТЭР
До 5 лет	8,5	16	Плановое ТО у дилера, гарантийные случаи, минимальный ремонт
От 5 до 10 лет	12,2	23	Постгарантийное обслуживание у дилеров и независимых СТО, первые серьезные замены расходников (ремни ГРМ, подвеска)
От 10 до 15 лет	16,9	32	Активный ремонт: замена деталей ходовой, топливной системы, электропроводки. Высокий спрос на неоригинальные запчасти
Старше 15 лет	15,2	29	Поддерживающий ремонт, поиск б/у запчастей, восстановление агрегатов. Высокий риск отказов
ИТОГО	52,8	100	

Диаграмма, представленная на рис. 1, наглядно демонстрирует, что автомобили в возрасте от 10 до 15 лет являются самой многочисленной группой (32 % парка, или 16,9 млн ед.), формирующей устойчивый спрос на капитальный и восстановительный ремонт.

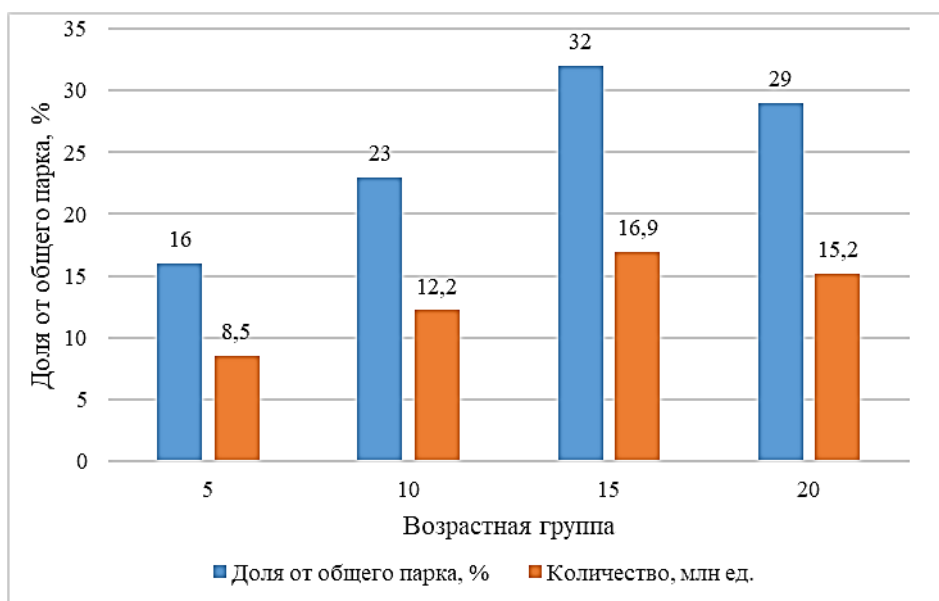


Рисунок 1 – Распределение парка легковых автомобилей России в зависимости от возраста на конец 2023 года

В сумме с группой старше 15 лет (29 %, или 15,2 млн. ед.) автомобили в возрасте от 10 до 15 лет составляют более 60 % всего парка – это свыше 32 миллионов автомобилей, постоянно нуждающихся в услугах по замене изношенных узлов, восстановлению агрегатов и сложной диагностике. Именно этот сегмент создает высокую нагрузку на логистику запчастей (как оригинальных, так и аналогов) и требует от сервисов исключительной гибкости и широкой номенклатуры выполняемых работ [4].

Таким образом, автомобильный парк России характеризуется не прогрессирующим, а скачкообразным ростом затрат на обслуживание и ремонт. По данным исследований на третий год эксплуатации расходы на ТО могут увеличиваться в четыре раза. Это напрямую формирует спрос не на плановое обслуживание, а на аварийный и поддерживающий ремонт, создавая высокую нагрузку на сервисную инфраструктуру и логистику запчастей.

В условиях экономической нестабильности и роста цен на запчасти, усугубленного процессами импортозамещения и логистическими сбоями, на первый план для всех категорий владельцев выходит системное управление стоимостью жизненного цикла (Life Cycle Cost (LCC)) автомобиля.

Одновременно с этим наблюдается технологический разрыв – автомобиль трансформируется в сложную мехатронную систему, в то время как методы диагностики многих критически важных для безопасности узлов (например, шаровых опор, стоек стабилизатора) часто остаются примитивными и основаны на субъективной оценке мастера. Это повышает риски дорожно-транспортных происшествий по причине технической неисправности.

Основой классической системы ТЭР был регламент, предписывающий выполнение конкретных операций технического обслуживания через фиксированные промежутки пробега или времени. Однако для стареющего парка такой подход часто оказывается неэффективным, так как износ индивидуален и зависит от условий эксплуатации, качества обслуживания в прошлом.

Современный этап характеризуется смещением фокуса с регламента на фактическое состояние. Этот переход стал возможен благодаря развитию систем бортовой и стендовой диагностики, а также внедрению предиктивных (прогнозных) технологий. На смену диагностике «по факту отказа» приходит прогнозирование. Его инструментами являются телематика (внедряемая, в первую очередь, в коммерческом транспорте и новых легковых автомобилях премиум-сегмента), анализ рабочих жидкостей и виброакустическая диагностика. Это позволяет планировать ремонты и избегать внезапных отказов, что критически важно для старого парка.

Таким образом, актуальность работы обусловлена необходимостью разработки и внедрения современных, экономически обоснованных методов управления ТЭР, которые позволят:

- перейти от стратегии реагирования на отказы к предиктивному планированию;
- объективно оценивать целесообразность капитальных вложений в ремонт стареющей техники;
- повысить безопасность эксплуатации через внедрение количественных методов оценки технического состояния.

2 Материалы и методы

Для достижения поставленных целей была применена система взаимосвязанных аналитических моделей и показателей. Методологическую основу составили принципы управления стоимостью жизненного цикла LCC, методы оценки технического износа и сравнительного анализа экономической эффективности различных стратегий обслуживания [5].

Модель LCC используется для обоснования фундаментальных управленческих решений: отремонтировать существующее транспортное средство или заменить его. Чистая приведенная стоимость владения рассчитывается по формуле:

$$LLC = C_{\text{пр}} + \sum_{t=1}^N \frac{C_{\text{э}}(t) + C_{\text{ТОиР}}(t) + C_{\text{ф}}(t)}{(1 + d)^t},$$

где $C_{\text{п}}$ – капитальные затраты на приобретение, руб.; $C_{\text{э}}(t)$ – ежегодные переменные эксплуатационные затраты (топливо, ГСМ, шины), руб.; $C_{\text{ТОиР}}(t)$ – ежегодные затраты на ТО и ремонт, являющиеся функцией возраста и пробега, руб.; $C_{\text{ф}}(t)$ – фиксированные затраты (налоги, страховка, административные расходы), руб.; d – ставка дисконтирования; t – год эксплуатации (от 1 до N).

Для окончательного выбора в пользу будущего ремонта или замены рассчитывается срок окупаемости (Payback Period (PBP)) инвестиций в капитальный ремонт:

$$PBP = \frac{C_{\text{рем}}}{\Delta C_{\text{ТОиР}} L_{\text{ср.год}}},$$

где $C_{\text{рем}}$ – стоимость единовременного капитального ремонта или восстановления, руб.; $\Delta C_{\text{ТОиР}}$ – разница в удельных затратах на ТО и Р после ремонта, руб.; $L_{\text{ср.год}}$ – среднегодовой пробег, км.

Для перехода от календарного возраста к объективной оценке технического состояния используется модель, основанная на выработанном ресурсе. Удельный физический износ узла рассчитывается по адаптированной методике:

$$I_{\text{ф}} = I_{\text{ост}} + (I_{\text{пр}} - I_{\text{ост}}) \frac{P_{\text{факт}}}{P_{\text{пр}}},$$

где $I_{\text{ф}}$ – расчетный физический износ, %; $I_{\text{ост}}$ – остаточный износ после предыдущего ремонта (принимается равным 20 %); $I_{\text{пр}}$ – предельный износ, требующий капремонта (70-80 %); $P_{\text{факт}}$ – фактический пробег с последнего ремонта, км; $P_{\text{пр}}$ – установленный межремонтный ресурс агрегата, км.

На основе этой модели прогнозируется остаточный ресурс:

$$P_{\text{ост}} = P_{\text{пр}} - P_{\text{факт}},$$

что является основой для предиктивного планирования.

Экономическое обоснование внедрения систем углубленной диагностики (телематика, анализ масел, вибродиагностика) проводится через сравнение сценариев:

$$\Delta_{\text{предикт}} = C_{\text{авар}} - (C_{\text{план}} + C_{\text{диаг}}),$$

где $C_{\text{авар}}$ – стоимость ликвидации аварийного отказа (ремонт + простой + возможные сопутствующие повреждения), руб.; $C_{\text{план}}$ – стоимость плановой предупредительной замены узла, руб.; $C_{\text{диаг}}$ – приведенные затраты на диагностику, руб..

Положительное значение $\Delta_{\text{предикт}}$ доказывает экономическую целесообразность предиктивной стратегии.

Для контроля результатов применяются операционные показатели эффективности (Key Performance Indicator (KPI)), рекомендованные для управления автопарком.

3 Результаты исследований

Применение разработанного методического аппарата к условиям российского автопарка позволило получить следующие количественные результаты [6]. Для автомобиля возрастом 12 лет с пробегом 600000 км рассматривался капитальный ремонт двигателя стоимостью $C_{\text{рем}} = 400000$ руб. Прогнозируемые удельные затраты на ТО и Р после ремонта оценивались в 18 руб./км, тогда как для аналогичного нового автомобиля – 11 руб./км. При годовом пробеге 50 000 км срок окупаемости ремонта составил:

$$PBP = 400\,000 / ((18 - 11) \cdot 50\,000) \approx 1,14 \text{ года.}$$

Вывод: если планируемый период дальнейшей эксплуатации превышает 1,14 года, капитальный ремонт экономически оправдан. В противном случае целесообразнее рассмотреть вариант списания и замены.

Для двигателя, отремонтированного 170 тыс. км назад при межремонтном ресурсе 250 тыс. км, физический износ был оценён как:

$$I_{\phi} = 20 + (75 - 20) \cdot (170\,000 / 250\,000) \approx 57,4 \%$$

Прогнозный остаточный ресурс до предельного износа:

$$P_{\text{ост}} = 250\,000 - 170\,000 = 80\,000 \text{ км.}$$

Данный расчёт позволяет запланировать замену или очередной ремонт агрегата на период до выработки остаточного ресурса, исключив внезапный отказ [7].

Расчёт для узла турбокомпрессора показал, что предотвращение одного аварийного отказа даёт экономический эффект:

$$\Delta_{\text{предикт}} = 300\,000 (C_{\text{авар}}) - (120\,000 \cdot (C_{\text{план}}) + 5\,000 \cdot (C_{\text{диаг}})) = 175\,000 \text{ руб.}$$

Для автопарка из 50 единиц техники, где прогнозируется 5-7 подобных отказов в год, совокупная годовая экономия может превышать 1 млн. рублей.

Внедрение цифровых систем мониторинга и агрегатно-узлового метода ремонта позволило добиться значимых изменений в *KPI* управления автопарком, что наглядно отражено в табл. 1 и на рис. 2.

Таблица 2 – Динамика ключевых показателей эффективности *KPI* автопарка после оптимизации системы ТЭР

Ключевой показатель эффективности (KPI)	До оптимизации	После внедрения предиктивной модели	Экономический/операционный эффект
Коэффициент технической готовности ($K_{\text{т}}$)	0,93	0,96	Снижение времени простоя, увеличение доступного парка
Удельные затраты на ТОиР ($U_{\text{ТОиР}}$), руб./км	4,20	3,75	Прямая экономия на эксплуатационных расходах
Среднее время простоя на ремонт, дней/год	14	8	Сокращение потерь от простоев на 43 %
Доля аварийных ремонтов в общем объёме ТОиР	35 %	15 %	Снижение непредвиденных затрат и рисков

Для построения графика, иллюстрирующего разницу между стратегиями, были использованы смоделированные данные, основанные на реальных принципах экономики ТОиР и показателях эффективности из отраслевых примеров [8].

Таблица 3 – Показатели эффективности реактивной и предиктивной стратегий

Месяц эксплуатации	Реактивная стратегия, руб.	Предиктивная стратегия, руб.
0	0	0
3	50000	300000
6	100000	400000
9	800000 (аварийный ремонт)	520000
12	850000	650000
15	900000	800000
18	1700000 (второй аварийный ремонт)	950000

Как видно из табл. 3 в предиктивной модели изначально требуются инвестиции в систему мониторинга (например, 250–300 тыс. руб.), поэтому начальные затраты выше. Однако в долгосрочной перспективе расходы растут плавно и предсказуемо. В реактивной модели начальные затраты минимальны, но каждый аварийный отказ приводит к резкому скачку расходов из-за стоимости срочного ремонта и значительных простоев [9].

Сравнительная динамика совокупных годовых затрат на ТО и Р при реактивной и предиктивной стратегии обслуживания представлена на рис. 2.

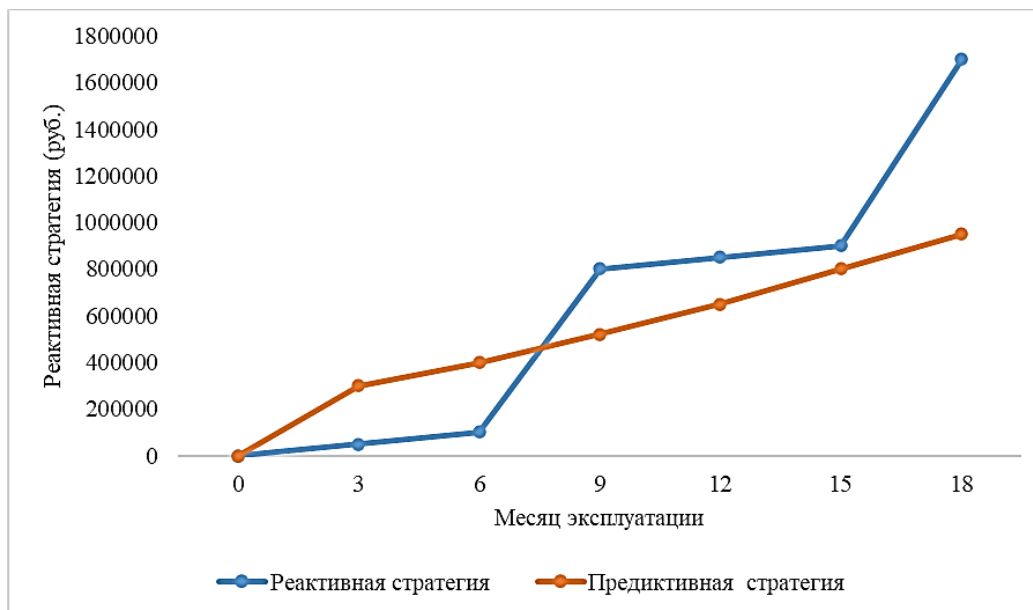


Рисунок 2 – Сравнительная динамика совокупных годовых затрат на ТО и Р

График наглядно демонстрирует как предиктивная стратегия сглаживает пики непредвиденных затрат, характерные для реактивного подхода, обеспечивая более прогнозируемый и управляемый бюджет на обслуживание [10].

4 Обсуждение и заключение

Проведённое исследование подтверждает, что основным драйвером развития сферы ТЭР в России является необходимость адаптации передовых управленческих и технологических практик к реалиям стареющего парка. Предложенная система количественных показателей и моделей (*LCC*, оценка износа, *KPI*) предоставляет практический инструментарий для:

- принятия стратегических финансовых решений о ремонте или замене единиц техники;
- оперативного планирования ресурсоёмких работ на основе прогноза остаточного ресурса;
- объективной оценки эффективности как отдельных ремонтных вмешательств, так и работы сервисной инфраструктуры в целом [11].

Дальнейшее развитие связано с глубокой цифровизацией процессов: интеграцией данных телематики, диагностических систем и управленческого учёта в единые аналитические платформы (*BI*-системы). Это позволит перейти от анализа отдельных случаев к оптимизации жизненного цикла всего автопарка на основе больших данных и искусственного интеллекта.

Список литературы

1 Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы: Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – 296 с. – ISBN 978-5-7994-1172-5. – DOI 10.58168/MSTT2025. – EDN PCMGFE.

2 Вопросы реализации междисциплинарных связей и актуализации информации преподаваемых дисциплин на примере мониторинга подвижных объектов автотранспортной инфраструктуры / Д. А. Жайворонок, В. А. Иванников, С. В. Дорохин [и др.] // Инновации и передовые технологии в развитии транспортных систем : Материалы Всероссийской научно-практической конференции, Воронеж, 15 января 2025 года. – Воронеж: Министерство науки и высшего образования РФ, Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 10-14. – DOI 10.58168/IATDTS2025_10-14. – EDN PPGNKO.

3 Статистка и анализ ДТП с участием женщин-водителей / А. В. Шурупова, И. А. Кондратенко, Н. И. Злобина [и др.] // Современные системы и технологии на транспорте: проблемы и перспективы : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 95-летию ВГЛТУ им. Г.Ф. Морозова, Воронеж, 24–25 апреля 2025 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2025. – С. 152-155. – DOI 10.58168/MSTT2025_152-155. – EDN DRBEFP.

4 Features of radio communication organization in lugging areas / D. Zhaivoronok, A. Novikov, I. Terehina, F. Shakina // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – P. 04020. – DOI 10.1051/bioconf/202414504020. – EDN JHZYQC.

5 Посметьев, В. И. Актуальность промышленного получения высококачественной хвои на основе использования мобильных транспортных средств / В. И. Посметьев, Д. А. Жайворонок // Проблемы эксплуатации автомобильного транспорта и пути их решения на основе перспективных технологий и научно-технических решений : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 06–07 октября 2022 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2022. – С. 15-19. – DOI 10.58168/PRTOW2022_15-19. – EDN RMZQRD.

6 Дорохин, С. В. Организации радиосвязи с удаленными подвижными наземными объектами / С. В. Дорохин, В. А. Иванников, Д. А. Жайворонок // Моделирование, оптимизация и информационные технологии. – 2024. – Т. 12, № 4(47). – DOI 10.26102/2310-6018/2024.47.4.028. – EDN DHXOLK.

7 Иванников, В. А. Особенности транспортировки древесной зелени в природно-производственных условиях республики Саха (Якутия) / В. А. Иванников, Д. А. Жайворонок, Ф. А. Шакина // Транспортные системы и дорожная инфраструктура Крайнего Севера : Сборник материалов IV Всероссийского форума, Якутск, 28–29 марта 2024 года. – Якутск: Издательский дом СВФУ, 2024. – С. 193-197. – EDN EUKOZO.

8 Транспорт в России. 2023 : статистический сборник. – Москва : Росстат, 2023. – 117 с. – Текст : электронный // Федеральная служба государственной статистики : [официальный сайт]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455> (дата обращения: 05.12.2025).

9 Кузнецов, Е. С. Управление технической эксплуатацией автомобильного парка в условиях цифровой трансформации / Е. С. Кузнецов, А. В. Фёдоров // Транспорт: наука, техника, управление. – 2021. – № 5. – С. 23–29.

10 Методические рекомендации по оценке стоимости автотранспортных средств (ВДМ-7-2012). – 2-е изд., испр. и доп. – Москва : Российское общество оценщиков, 2012. – 140 с.

11 Туревский, И. С. Интеллектуальные системы диагностирования автомобилей: теория и практика / И. С. Туревский. – Москва : Инфра-Инженерия, 2020. – 312 с. : ил. – ISBN 978-5-9729-0584-3.

References

1 Modern systems and technologies in transport: problems and prospects : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the VGLTU named after G.F. Morozov, Voronezh, April 24-25, 2025. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2025. 296 p. ISBN 978-5-7994-1172-5. - DOI 10.58168/MSTT2025. – EDN PCMGFE.

2 Issues of implementation of interdisciplinary connections and updating information of taught disciplines on the example of monitoring mobile objects of motor transport infrastructure / D. A. Zhayvoronok, V. A. Ivannikov, S. V. Dorokhin [et al.] // Innovations and advanced technologies in the development of transport systems : Proceedings of the All-Russian Scientific and Practical Conference, Voronezh, January 15 In 2025. Voronezh: Ministry of Science and Higher Education of the Russian Federation, Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2025. pp. 10-14. – DOI 10.58168/IATDTS2025_10-14. – EDN PPGNKO.

3 Statistics and analysis of accidents involving women drivers / A.V. Shurupova, I. A. Kondratenko, N. I. Zlobina [et al.] // Modern systems and technologies in transport: problems and prospects : Proceedings of the International Scientific and Practical Conference dedicated to the 95th anniversary of the VGLTU named after G.F. Morozov, Voronezh, April 24-25, 2025. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2025. pp. 152-155. – DOI 10.58168/MSTT2025_152-155. – EDN DRBEFP.

4 Features of radio communication organization in lugging areas / D. Zhaivoronok, A. Novikov, I. Terehina, F. Shakina // BIO Web of Conferences. – 2024. – Vol. 145. – P. 04020. – DOI 10.1051/bioconf/202414504020. – EDN JHZYQC.

5 Posmetyev, V. I. The relevance of industrial production of high-quality needles based on the use of mobile vehicles / V. I. Posmetyev, D. A. Zhayvoronok // Problems of operation of motor transport and ways to solve them based on promising technologies and scientific and technical solutions : proceedings of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, October 06-07 In 2022. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2022. pp. 15-19. - DOI 10.58168/PRTOW2022_15-19. – EDN RMZQRD.

6 Dorokhin, S. V. Organization of radio communication with remote mobile terrestrial objects / S. V. Dorokhin, V. A. Ivannikov, D. A. Zhayvoronok // Modeling, optimization and information technologies. – 2024. – Vol. 12, No. 4(47). – DOI 10.26102/2310-6018/2024.47.4.028 . – EDN DHXOLK.

7 Ivannikov V. A., Zhayvoronok D. A., Shakina F. A. Features of transportation of tree greens in the natural and industrial conditions of the Republic of Sakha (Yakutia) // Transport systems and road infrastructure of the Far North : Collection of materials of the IV All-Russian Forum, Yakutsk, March 28-29, 2024. Yakutsk: NEFU Publishing House, 2024, pp. 193-197, EDN EUKOZO.

8 Transport in Russia. 2023 : statistical collection. – Moscow : Rosstat, 2023. - 117 p. – Text : electronic // Federal State Statistics Service : [official website]. – URL: <https://rosstat.gov.ru/folder/23455> (date of reference: 05.12.2025).

9 Kuznetsov, E. S. Management of technical operation of the automobile fleet in the context of digital transformation / E. S. Kuznetsov, A.V. Fedorov // Transport: science, technology, management. – 2021. – No. 5. – pp. 23-29.

10 Methodological recommendations for estimating the cost of motor vehicles (VDM-7-2012). – 2nd ed., ispr. and add. – Moscow : Russian Society of Appraisers, 2012. – 140 p.

11 Turevsky, I. S. Intelligent car diagnostic systems: theory and practice / I. S. Turevsky. – Moscow : Infra-Engineering, 2020. – 312 p. : ill. – ISBN 978-5-9729-0584-3.

© Жайворонок Д. А., Иванников В. А., Шаталов Е. В.,
Черников Э. А., Маклакова Е. А., Зеликов В. А., 2026