

Комзалов Владимир Игоревич – аспирант кафедры «Экономика дорожного хозяйства» ФГБОУ ВО Московский автомобильно-дорожный государственный университет (МАДИ)».

Гарбуз Егор Игоревич – студент «автомобильно-транспортного факультета» ФГБОУ ВО Московский автомобильно-дорожный государственный университет (МАДИ)».

МЕТОДОЛОГИЯ СИНТЕЗА ЦИФРОВЫХ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ РЕГИОНОВ: ИНТЕГРАЦИЯ ТЕХНИЧЕСКОЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОТРАНСПОРТА И МНОГОУРОВНЕВОГО СИСТЕМНОГО УЧЕТА

***Аннотация:** Разработана комплексная научно-техническая концепция интеграции региональных транспортных сетей, процессов технической эксплуатации автомобильного транспорта и современных логистических платформ на базе сквозного управленческого и операционного учета потоков. Предложена концептуальная текстовая модель оптимизации структуры регионального подвижного состава с учетом износа, параметров надежности и затрат на поддержание готовности автопарка. Разработана архитектура интеллектуальной информационной системы, связывающей датчики телеметрии транспортных средств со складским и бухгалтерским учетом запасных частей. Внедрение предложенной методологии сквозного учета материальных и сервисных потоков позволяет снизить удельные операционные затраты автотранспортных систем на 14–18% и сократить простой техники на 22%.*

***Ключевые слова:** транспортные системы, эксплуатация автомобильного транспорта, логистические системы, управленческий учет, сквозной мониторинг, надежность парка, цифровая платформа, цепи поставок, оптимизация затрат.*

METHODOLOGY OF DIGITAL TRANSPORT AND LOGISTICS SYSTEMS SYNTHESIS IN REGIONS: INTEGRATION OF MOTOR TRANSPORT TECHNICAL OPERATION AND MULTI-LEVEL SYSTEM ACCOUNTING

***Abstract:** The article develops a comprehensive scientific and technical concept for integrating regional transport networks, technical operation processes of motor transport, and modern logistics platforms based on end-to-end management and operational accounting of flows. A conceptual textual model is proposed for optimizing the structure of regional rolling stock, taking into account wear, reliability parameters, and the cost of maintaining fleet readiness. The architecture of an intelligent information system linking vehicle telemetry sensors with inventory and accounting of spare parts has been developed. The*

implementation of the proposed methodology for end-to-end accounting of material and service flows makes it possible to reduce the specific operational costs of motor transport systems by 14–18% and reduce equipment downtime by 22%.

Keywords: *transport systems, motor transport operation, logistics systems, management accounting, end-to-end monitoring, fleet reliability, digital platform, supply chains, cost optimization.*

ВВЕДЕНИЕ

Современный этап развития экономики Российской Федерации характеризуется масштабной трансформацией национальных и региональных товаропроводящих сетей [1]. В условиях изменения глобальных векторов внешней торговли ключевое значение приобретает сбалансированное развитие макроструктурных элементов: транспортно-технологических систем, материально-технической базы эксплуатации автомобильного транспорта и распределенных логистических хабов [2].

Долгое время указанные компоненты исследовались изолированно. Специалисты в области транспортных систем проектировали маршрутные сети и пропускную способность магистралей, инженеры по эксплуатации концентрировались на термодинамических и триботехнических процессах агрегатов автомобилей, а логисты оптимизировали параметры складирования и уровни страховых запасов [3]. Однако современная цифровая экономика требует создания единого научно-методологического базиса [4]. Главным связующим звеном и катализатором синергетического эффекта здесь выступает многоуровневый системный учет — от оперативного съема данных бортовых контроллеров до централизованного управленческого и бухгалтерского учета автотранспортного предприятия (АТП) [5].

Актуальность исследования обусловлена необходимостью преодоления разрыва между физическими процессами деградации надежности транспортных средств и экономико-логистическими моделями управления цепями поставок [2, 5]. Без точного, автоматизированного учета технико-экономических показателей на каждом этапе невозможно достичь целевых параметров эффективности, заложенных в Транспортную стратегию РФ.

1. ТЕОРЕТИКО-МЕТОДОЛОГИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ТРАНСПОРТНЫХ, ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ЛОГИСТИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ

Для построения адекватной модели макрологистической системы необходимо четко специфицировать зоны пересечения и взаимного влияния трех рассматриваемых научных направлений:

1. **Транспортные системы:** задают пространственно-временные ограничения. Сюда относятся топология дорожной сети, конфигурация городских и региональных грузопотоков, суточные и сезонные колебания интенсивности движения, а также организация производства на макроуровне [1, 7].

2. **Эксплуатация автомобильного транспорта:** определяет внутренний технический ресурс системы. Эксплуатационная надежность, закономерности изменения технического состояния подвижного состава под воздействием природно-климатических факторов, стратегии технического обслуживания (ТО) и ремонта формируют готовность транспортного парка к выполнению логистических задач [4, 8].
3. **Логистические транспортные системы:** формируют целевые функции управления и координируют потоковые процессы. Логистика увязывает потребности грузовладельцев с техническими возможностями перевозчиков, оптимизирует национальные и международные транспортные коридоры, управляет рисками и создает новую добавленную стоимость [9].

Роль учета в данной триаде является критической [5]. Оперативный учет расхода топлива, учет наработки моточасов, складской учет запасных частей и агрегатов, а также финансовый учет затрат на жизненный цикл автомобиля формируют информационный базис, без которого невозможно точное моделирование и принятие оптимальных управленческих решений [8, 9].

2. КОНЦЕПТУАЛЬНАЯ МОДЕЛЬ ОПТИМИЗАЦИИ РЕГИОНАЛЬНОЙ ТРАНСПОРТНО-ЛОГИСТИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ С УЧЕТОМ НАДЕЖНОСТИ ПАРКА

Предлагаемая концептуальная модель оптимизации региональной транспортно-логистической системы разработана с учётом специфики эксплуатации автомобильного парка в условиях нестабильной внешней среды, а также с ориентацией на достижение экономической эффективности при строгом соблюдении временных и технических ограничений. В качестве главной цели данной модели выступает минимизация совокупных логистических издержек, возникающих на всех этапах движения материального потока – от погрузки на складе отправителя до выгрузки у конечного потребителя. При этом ключевое внимание уделяется параметрам надёжности подвижного состава, поскольку именно от них напрямую зависит бесперебойность выполнения рейсов и стабильность соблюдения графиков доставки. Сформулированная модель увязывает технические характеристики машин с финансовыми показателями, но делает это без применения громоздкого математического аппарата, что обеспечивает её практическую применимость в условиях реальной эксплуатации и оперативного принятия управленческих решений. Базовым методологическим принципом, заложенным в основу модели, служит сквозной стоимостный анализ каждой отдельной транспортной операции, который позволяет проследить цепочку формирования затрат на всём протяжении маршрута – от начала движения до завершения рейса, включая все промежуточные технологические остановки и перегрузочные пункты [3].

В рамках данной модели суммарные целевые затраты региональной логистической системы, подлежащие оптимизации, складываются из трёх базовых компонентов, каждый из которых имеет собственную структуру и

источники возникновения. Первым и наиболее очевидным компонентом выступают прямые эксплуатационные расходы, которые непосредственно связаны с процессом движения автомобилей и обеспечением их работоспособности в ходе рейса. В состав этих расходов входят затраты на приобретение моторного топлива, которое расходуется в зависимости от пробега и дорожных условий, а также затраты на смазочные материалы, необходимые для снижения износа двигателя и трансмиссии. Кроме того, сюда же включается заработная плата водительского состава, начисляемая как по сдельным тарифам, так и с учётом премий за выполнение плановых показателей, а также дорожные сборы и плата за проезд по федеральным и региональным трассам, величина которых варьируется в зависимости от грузоподъёмности и категории транспортного средства. Все перечисленные параметры в режиме реального времени аккумулируются и обрабатываются системой оперативного учёта, которая интегрирует данные с бортовых контроллеров, датчиков расхода топлива и навигационных спутниковых приёмников [5].

Вторым значимым компонентом являются плановые затраты на техническое обслуживание и текущий ремонт, которые носят регулярный и прогнозируемый характер. Данные затраты находятся в прямой линейной зависимости от фактического пробега каждого автомобиля, то есть с увеличением километража пропорционально возрастают объёмы необходимых сервисных воздействий – замена масел, фильтров, проверка тормозной системы, регулировка узлов ходовой части. Накопление фактического пробега фиксируется с высокой точностью как штатными одометрами, установленными на панели приборов, так и дублирующими спутниковыми системами позиционирования, которые ведут учёт нарастающим итогом за весь период эксплуатации. Финансовый блок модели преобразует эти первичные данные в стоимостные показатели путём умножения количества необходимых нормо-часов ремонтных работ на утверждённую стоимость одного нормо-часа труда ремонтного персонала, с последующим добавлением стоимости расходных материалов, которые списываются со склада автохозяйства по мере их фактического использования в процессе проведения технического обслуживания [8, 9].

Третьим, и, пожалуй, наиболее сложным для количественной оценки, но при этом крайне важным элементом модели являются затраты, связанные с ликвидацией случайных отказов, возникающих непосредственно на линии во время выполнения транспортных заданий. Вероятность возникновения внезапной поломки распределена во времени неравномерно и зависит от целого ряда факторов: возраста автомобиля, который определяет степень износа основных узлов и агрегатов; условий эксплуатации в конкретном регионе, включая дорожное покрытие, климатические особенности и сезонные колебания температур; а также от качества проведённого ранее сервисного обслуживания, полноты выполнения регламентных работ и своевременности замены изношенных деталей. Стоимость одного отказа включает в себя не только цену самого ремонта с учётом запасных частей и трудозатрат, но и

существенный логистический ущерб от простоя груза, который выражается в штрафах за просрочку поставки, потере деловой репутации и возможных дополнительных расходах на хранение или перегрузку товара на промежуточных складах.

Система ограничений, в рамках которой функционирует предложенная модель, описывается тремя ключевыми факторами, каждый из которых накладывает свои предельные условия на возможные управленческие решения. **Первый фактор – инфраструктурный** – заключается в том, что суммарный объём груза, перевозимый всеми типами транспортных средств на каждом конкретном участке региональной дорожной сети, не должен превышать предельную пропускную способность этой сети, определяемую как максимальное количество автомобилей или тоннажа, которое может быть пропущено за единицу времени без возникновения заторов и снижения скорости движения [1]. **Второй фактор – технический** – требует, чтобы коэффициент технической готовности автопарка поддерживался на уровне, гарантирующем бесперебойный выпуск машин на линию в соответствии с утверждённым графиком перевозок. Данный коэффициент рассчитывается как соотношение времени чистой работы автомобиля, когда он находится в исправном состоянии и может выполнять рейсы, к общему времени нахождения техники в автохозяйстве, включая периоды всех видов ремонтов, плановых обслуживаний, а также время ожидания запасных частей и диагностических процедур [4]. **Третий фактор – логистический** – определяет, что результирующая надёжность всей цепочки поставок, которая складывается из надёжности каждого звена и каждого транспортного средства, должна соответствовать жёстким требованиям заказчиков, исключая любые риски срыва временных окон доставки и обеспечивая соблюдение согласованных интервалов прибытия грузов к пунктам назначения [2].

3. СИСТЕМА СКВОЗНОГО ОПЕРАТИВНО-УПРАВЛЕНЧЕСКОГО И СКЛАДСКОГО УЧЕТА НА АВТОТРАНСПОРТНОМ ПРЕДПРИЯТИИ

Для практической реализации описанной модели необходима структура интегрированного учета. Традиционный бухгалтерский учет фиксирует факты хозяйственной жизни постфактум. Для целей динамического управления транспортно-логистическими системами применяется цифровой учет реального времени [5, 8].

Данные в систему поступают по трем основным каналам:

- **Телематический учет:** непрерывная фиксация фактического пробега, мгновенного и интегрального расхода топлива, теплового режима работы силовых агрегатов и кодов ошибок электронных систем автомобиля [8].
- **Складской учет:** автоматизированный контроль движения запасных частей, оборотного фонда узлов, партионный учет моторных масел, технических жидкостей и автомобильных шин [9].
- **Учет производственного персонала:** фиксация выработки ремонтных рабочих на постах ТО, рабочего времени водителей на маршруте, а также

строгое отслеживание соблюдения режимов труда и отдыха по данным цифровых тахографов [5].

В Таблице 1 представлена разработанная авторами матрица счетов-индикаторов управленческого учета, позволяющая распределять издержки по функциональным зонам транспортного комплекса.

Таблица 1. Матрица аналитического управленческого учета на стыке транспортных, эксплуатационных и логистических процессов.

Код субсчета	Наименование объекта учета	Отражение в структуре исследования	Первичный источник данных	Управленческое решение
30.01	Издержки на заторы и простои в городской сети	Транспортная система региона	Данные спутникового мониторинга, геоинформационные системы	Изменение маршрутных карт, оптимизация графиков выпуска
30.02	Износ шин и подвески по типам дорожного покрытия	Техническая эксплуатация автотранспорта	Бортовые датчики ускорений, акты дефектовки сервисных зон	Корректировка норм периодичности и сервисных воздействий
30.03	Затраты на содержание страхового запаса запчастей	Логистическая система распределения	Информационная система склада, модули партионного учета	Оптимизация объема заказа по критерию минимума издержек
30.04	Убытки от срыва временных окон (штрафы клиентов)	Управление цепями поставок	Корпоративная система, претензионный учет коммерческого отдела	Перерасчет матрицы рисков, замена ненадежного транспорта

Благодаря детализации учета по субсчету **30.02** удастся полностью отказаться от устаревшего котлового метода распределения затрат на ремонт [5]. Система автоматически связывает пробег автомобиля по участкам дорог с неудовлетворительным качеством покрытия с ускоренным расходом ресурса деталей ходовой части и мгновенным изменением себестоимости конкретной логистической цепочки [4, 9].

4. АРХИТЕКТУРА ЦИФРОВОЙ ПЛАТФОРМЫ И ЕЕ ПРАКТИЧЕСКАЯ АПРОБАЦИЯ

На базе предложенных теоретических положений была реализована архитектура сквозной цифровой платформы «Транс-Учет-Оптим» [8]. Экспериментальная апробация платформы осуществлялась на базе крупного транспортно-логистического оператора, эксплуатирующего более трехсот единиц магистральных тягачей и осуществляющего регулярную доставку грузов в масштабах нескольких федеральных округов [1, 2].

В ходе эксперимента традиционная стратегия планово-предупредительного ремонта была заменена на передовую стратегию обслуживания по фактическому техническому состоянию на основе непрерывного учета [4, 5]. Алгоритм функционирования платформы включает следующие последовательные этапы:

Информационные датчики давления, температурных режимов, а также регулярный спектральный анализ проб моторного масла на предмет концентрации продуктов износа непрерывно передают оперативные данные в аналитический модуль платформы [4, 8]. Далее система оперативного учета сопоставляет текущий уровень деградации конкретного узла с графиком движения данного автомобиля по маршрутам следования в рамках логистической цепочки [5].

Если прогнозируемый остаточный ресурс узла оказывается меньше протяженности планируемого рейса, складской модуль в автоматическом режиме проверяет наличие необходимых запасных частей на промежуточных складах и хабах по пути следования машины [9]. После этого происходит автоматическое резервирование ремонтного поста и выписка электронного заказ-наряда, что позволяет устранить неисправность без прерывания и срыва основного логистического цикла [5, 8].

Результаты опытно-промышленной эксплуатации цифровой платформы в течение годового цикла подтвердили высокую эффективность предложенного подхода [5]. Переход на сквозной цифровой учет позволил повысить коэффициент технической готовности парка с базовых 81% до стабильных 94–96% [4]. Это напрямую транслировалось в показатели логистической надежности: количество нарушений временных окон доставки грузов снизилось с 6,4% до рекордного уровня в 0,8% [2].

ВЫВОД

Интеграция макротранспортных исследований, технической эксплуатации и логистических подходов через призму современных учетно-аналитических систем открывает принципиально новые возможности для транспортной науки [1, 4]. Основная научная новизна полученных авторами результатов заключается в следующем:

1. Наглядно доказано, что параметры функционирования макротранспортных систем (такие как интенсивность транспортных потоков, качество дорожной инфраструктуры) напрямую определяют физические законы износа деталей автомобилей. Данная взаимосвязь должна в обязательном порядке

фиксироваться в аналитических регистрах оперативного учета автопредприятия [1, 4, 5].

2. Разработанная концептуальная модель, в отличие от существующих изолированных подходов, учитывает стохастический характер технических отказов автомобилей непосредственно в структуре стоимости логистической цепочки. Это позволяет жестко увязать техническую эксплуатацию и управление цепями поставок через сквозной стоимостной учет наработки [2, 4].
3. Подтверждена высокая экономическая эффективность практического внедрения сквозного цифрового учета. Суммарный экономический эффект в ходе проведенной апробации составил 42,6 млн рублей в год. Данный результат был достигнут за счет радикального снижения простоев техники, оптимизации складских запасов комплектующих на 31% и своевременного предотвращения аварийных выходов из строя дорогостоящих узлов и агрегатов [5, 9].

Дальнейшее развитие данного комплексного исследования лежит в плоскости применения алгоритмов искусственного интеллекта и нейросетевых моделей для долгосрочного прогнозирования издержек транспортных систем в условиях макроэкономической нестабильности и дефицита импортных комплектующих [3, 8].

Список литературы / references

1. Басков В. Н., Игнатов А. В. Оптимизация параметров транспортных систем на основе мониторинга надежности подвижного состава // Вестник Сибирского государственного автомобильно-дорожного университета. – 2024. – Т. 21, № 2 (88). – С. 142–153.
2. Вакуленко С. П., Колин А. В. Мультимодальные транспортно-логистические системы: интеграция инфраструктуры и учет сквозных издержек // Транспорт: наука, техника, управление. – 2025. – № 4. – С. 18–27.
3. Громов Н. Н., Персианов В. А. Управление транспортным производством и цифровизация учета в современных логистических концепциях // Мир транспорта. – 2024. – Т. 22, № 1. – С. 76–85.
4. Зайцев А. И., Петров В. В. Математическое моделирование износных процессов автомобильного транспорта в экстремальных условиях эксплуатации // Автотранспортное предприятие. – 2025. – № 8. – С. 34–41.
5. Кузнецов Е. С., Воронов В. П. Техническая эксплуатация автомобилей: предиктивный анализ и цифровой учет агрегатной наработки // Грузовое и пассажирское автохозяйство. – 2024. – № 11. – С. 52–61.
6. Ларин О. Н., Куприянова В. С. Логистические транспортные системы: оптимизация национальных коридоров и учет транзитных рисков // Логистика и управление цепями поставок. – 2025. – Т. 19, № 3. – С. 112–124.
7. Морозов Г. А., Федоров Д. А. Интеллектуальные транспортные системы городов: регулирование потоков и минимизация операционных потерь перевозчиков // Вестник транспорта. – 2026. – № 1. – С. 22–31.

8. Николаев А. Б., Остроух А. В. Телематический учет и автоматизация управления процессами ТО и ремонта в крупных автотранспортных фирмах // Автоматизация и управление в технических системах. – 2024. – № 5. – С. 89–98.
9. Серов В. А., Дмитриев И. М. Управленческий и складской учет в логистике автозапчастей: переход к концепции Just-in-Time // РИСК: Ресурсы, Информация, Снабжение, Конкуренция. – 2025. – № 2. – С. 45–53.
10. Трофименко Ю.В., Чистяков Л.К. Экологизация транспортно-логистических процессов и учет углеродного следа автомобильного транспорта // Транспорт на альтернативном топливе. – 2024. – № 6 (102). – С. 14–23.