ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

XX Международная
научно-практическая конференция

Сборник статей



Пенза 2026

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РФ

ПЕНЗЕНСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ

ТАДЖИКСКИЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ АКАДЕМИКА

М.С. ОСИМИ (Г. ДУШАНБЕ, ТАДЖИКИСТАН)

МЕЖОТРАСЛЕВОЙ НАУЧНО-ИНФОРМАЦИОННЫЙ ЦЕНТР ПГАУ

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Сборник статей
XX Международной
научно-практической конференции

22-23 октября 2026 г

Пенза
ПГАУ
2026

УДК 656.13
ББК 39.38
П 27

Под научной редакцией доктора технических наук, профессора, академика Российской академии транспорта, заведующего кафедрой «Транспортные машины» Пензенского государственного университета **В.В. Салмина**.

П27 **Перспективные направления развития автотранспортного комплекса:** сборник статей XX Международной научно - практической конференции / Пензенский государственный университет [и др.]; под ред. Салмина В.В.– Пенза: Пензенский государственный аграрный университет 2026. – 198 с. – URL: https://mnic.pgau.ru /file/doc/konferencii/2026/Сборник_МК-40-26.pdf. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-00196-468-1

В сборнике статей опубликованы статьи, направленные на исследование и решение актуальных проблем автотранспортного комплекса, включая вопросы организации перевозочного процесса грузов и пассажиров, безопасности дорожного движения, экологическая безопасность транспорта, вопросы цифровизации логистических процессов и внедрения интеллектуальных транспортных систем. Ключевым перспективным направлением развития автотранспортного комплекса является внедрение беспилотных грузоперевозок

The collection of articles includes papers aimed at studying and addressing pressing issues in the motor transport sector, including the organization of cargo and passenger transportation processes, road safety, environmental safety of transport, issues related to the digitalization of logistics processes, and the implementation of intelligent transport systems. A key promising direction for the development of the motor transport sector is the introduction of unmanned cargo transportation.

УДК 656.13
ББК 39.38

ISBN 978-5-00196-468-1 **© МНИЦ ПГАУ, 2026**

УДК 629.113.001

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ГАЗ–3309 И КАМАЗ–4310 НА ИНЕРЦИОННОМ СТЕНДЕ

А.В. Абрамов, В.А. Комаров

Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарева, г. Саранск, Россия

В статье представлены результаты стендовых испытаний тормозных механизмов специальной автомобильной техники на шасси ГАЗ–3309 и КАМАЗ–4310. Приведена методика проведения эксперимента на инерционном стенде, выполнены замеры тормозного момента и замедления. Выявлены критические точки, снижающие эффективность торможения в условиях агропромышленного комплекса. Полученные данные могут быть использованы для совершенствования систем безопасности специальной техники.

Ключевые слова: тормозная система, инерционный стенд, ГАЗ–3309, КАМАЗ–4310, эффективность торможения, АПК, безопасность.

Обеспечение безопасности специализированной автомобильной техники, используемой в агропромышленном комплексе, представляет собой фундаментальную проблему современного автомобилестроения. Специфика эксплуатации данной техники обусловлена рядом факторов, включая высокие механические нагрузки, передвижение по грунтовым дорогам с низким качеством покрытия, функционирование на склонах и в условиях повышенной концентрации пыли в воздухе. Эти условия требуют комплексного подхода к разработке и внедрению инновационных решений в области проектирования, производства и обслуживания специальной автомобильной техники, что позволит минимизировать риски и повысить эксплуатационную надежность машин в тяжелых условиях использования на предприятиях агропромышленного комплекса [1–3].

Наиболее распространенными базовыми шасси для специализированного автомобильного транспорта, используемого в агропромышленном комплексе (АПК), по–прежнему остаются автомобили семейства ГАЗ–3309 и КАМАЗ–4310. Эти модели, благодаря своим конструктивным особенностям и надежности, остаются востребованными в различных сферах агропромышленного комплекса.

ГАЗ–3309 отличается пневмогидравлической системой тормозов, обеспечивающей высокую эффективность и безопасность. Капотная компоновка упрощает доступ к основным узлам и агрегатам, что значительно облегчает техническое обслуживание и ремонт. Грузоподъемность и проходимость ГАЗ–3309 делают его идеальным для транспортировки сельскохозяйственной техники и грузов в различных условиях, включая пересеченную местность.

КАМАЗ–4310, в отличие от ГАЗ–3309, оснащен более сложной многоконтурной пневматической тормозной системой, что повышает его надежность

и безопасность. Бескапотная компоновка позволяет эффективно использовать автомобиль в условиях ограниченного пространства, таких как узкие дороги и дороги в населенных пунктах. Высокая грузоподъемность и способность работать в тяжелых условиях делают КАМАЗ–4310 незаменимым для транспортировки крупных грузов и оборудования в аграрном секторе.

Оба автомобиля демонстрируют высокую надежность и универсальность, что делает их незаменимыми в агропромышленном комплексе. ГАЗ–3309 подходит для транспортировки грузов и техники в условиях пересеченной местности и ограниченной инфраструктуры, а КАМАЗ–4310 – для использования в населенных пунктах и на больших расстояниях. Эти модели остаются популярными благодаря своим техническим характеристикам, простоте обслуживания и адаптации к различным задачам в АПК [4, 5].

Целью работы является экспериментальная оценка эффективности тормозных механизмов шасси автомобилей ГАЗ–3309 и КАМАЗ–4310 на инерционном стенде и выявление направлений совершенствования систем безопасности.

Испытания проводились в соответствии с ГОСТ Р 52847–2007 «Стенды тормозные. Общие технические требования» и ГОСТ 22895–77 «Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств» [6, 7]. При этом использовалось следующее сертифицированное оборудование: инерционный тормозной стенд; датчики тормозного момента; манометры для контроля давления; термопары для замера температуры накладок.

Методика проведения испытаний заключалась в следующем.

Моделирование нагрузки на колесо через момент инерции осуществлялось на основании зависимости:

$$J = m_к \cdot r_к^2,$$

где J – момент инерции, кг·м²; $m_к$ – масса колеса, кг; $r_к$ – радиус колеса, м.

На начальном этапе проведение испытаний проводилось по типу «0» (холодные тормоза). На последующих этапах проведение испытаний осуществлялось по типу «I» (серия торможений с нагревом).

Замер тормозного момента M_t и расчет замедления проводился с учетом зависимости:

$$j = \frac{Mt}{r_к \cdot m_а},$$

где j – замедление автомобиля, м/с²; M_t – суммарный тормозной момент, Н·м; $r_к$ – радиус колеса, м; m_a – масса автомобиля, кг.

Основные показатели, определенные в результате стендовых испытаний шасси автомобилей ГАЗ–3309 и КАМАЗ–4310 представлены в таблице 1.

Анализ результатов испытаний показал, что тормозные механизмы шасси автомобиля КАМАЗ–4310 имеют больший тормозной момент, но вследствие большей массы замедление ниже. Наиболее уязвимая зона КАМАЗ–4310 – падение давления в пневматической системе тормозов, что приводит к срабатыванию энергоаккумуляторов.

У шасси автомобилей ГАЗ–3309 тормозные механизмы быстрее теряют эффективность при нагреве (сказывается работоспособность гидравлического вакуумного усилителя) [8].

Таблица 1 – Результаты испытаний тормозных механизмов шасси автомобилей ГАЗ–3309 и КАМАЗ–4310

Показатель	ГАЗ–3309	КАМАЗ–4310
Тип привода	пневмогидравлический	пневматический
Тормозной момент M_t, Н·м	4200	6800
Замедление j, м/с²	5,8	5,4
Тормозной путь (с 40 км/ч), м	14,2	15,6
Стабильность при нагреве (тип I)	снижение 18 %	снижение 12 %

На основании проведенных стендовых испытаний шасси автомобилей ГАЗ–3309 и КАМАЗ–4310 можно сделать следующие выводы:

– проведенные стендовые испытания подтвердили, что обе системы торможения требуют адаптации к условиям АПК;

– для автомобилей семейства ГАЗ–3309 целесообразно совершенствование системы охлаждения тормозных механизмов;

– для автомобилей семейства КАМАЗ–4310 необходимо повышение герметичности пневматической системы тормозов и встроенная непрерывная диагностика уровня падения давления в тормозной системе.

Список использованных источников

1. Мельников, А.С. Испытания эффективности работы тормозной системы автомобиля / А.С. Мельников, М.Л. Петренко, О.А. Пономарева, А.А. Мельников // Вестник Белорусско–Российского университета. – 2023. – № 1 (78). – С. 22–30. – EDN: LWZGEX.

2. Давлатшоев, Р.А. Влияние термонагруженности тормозных механизмов на эффективность торможения автомобиля в горных условиях эксплуатации / Р.А. Давлатшоев, М.А. Абдулло // Политехнический вестник. Серия: Инженерные исследования. – 2021. – № 3(55). – С. 64–68. – EDN: GCJDLY.

3. Дыгало, В.Г. Способ контроля теплонагруженности тормозных механизмов при влиянии нагрузочных режимов автоматизированной тормозной системы / В.Г. Дыгало, И.С. Жуков // Труды НАМИ. – 2024. – № 1(296). – С. 76–82. – EDN: BGFSLC.

4. Вахидов, У.Ш. Влияние переоборудования автомобилей на активную безопасность транспортных средств / У.Ш. Вахидов, В.С. Макаров, Ю.И. Молев, М.Г. Черевастов // Вестник гражданских инженеров. – 2024. – № 2. – С. 125–132. – EDN: YKJQFR

5. Белехов, А.А. Оценка влияния изменений, вносимых в конструкцию транспортных средств, находящихся в эксплуатации, на безопасность дорожного движения / А.А. Белехов, С.А. Евтюков // Вестник гражданских инженеров. – 2021. – № 6. – С.151–157. – EDN: FCPPVQ.

6. ГОСТ Р 52847–2007. Стенды тормозные. Общие технические требования. – URL: https://internet–law.ru/gosts/gost/44126/. – Текст: электронный.

7. ГОСТ 22895–77. Тормозные системы и тормозные свойства автотранспортных средств. – URL: https://internet–law.ru/gosts/gost/45503/. – Текст: электронный.

8. Комаров, В.А. Сохранение эксплуатационной надежности после модернизации грузовых автомобилей / В.А. Комаров, А.В. Абрамов // Сельский механизатор. – 2026. – № 4. – С. 31–33. – EDN: ODQUGR.

EXPERIMENTAL EVALUATION OF BRAKING MECHANISMS EFFICIENCY OF GAZ–3309 AND KAMAZ–4310 ON INERTIAL STAND

A.V. Abramov, V.A. Komarov

National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia

The article presents the results of bench tests of brake mechanisms of special automotive vehicles based on GAZ–3309 and KAMAZ–4310 chassis. The methodology of the experiment on an inertial stand is described, measurements of braking torque and deceleration are performed. Critical points reducing braking efficiency in the agro–industrial complex are identified. The obtained data can be used to improve the safety systems of special equipment.

Keywords: brake system, inertial stand, GAZ–3309, KAMAZ–4310, braking efficiency, agro–industrial complex, safety.

УДК 629.33

ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ

А.А. Айзатова

Казанский государственный архитектурно–строительный университет, г. Казань, Россия

Древесные композиты могут рассматриваться не только как альтернатива традиционным материалам, но и как самостоятельный класс конструкционных материалов, свойства которых могут целенаправленно формироваться в соответствии с условиями эксплуатации.

Ключевые слова: древесные композиты, транспортное строительство, транспортная инфраструктура, полимерные материалы.

Традиционно основные несущие и ограждающие элементы транспортной инфраструктуры изготавливаются из стали, железобетона, бетона, каменных материалов и древесины, каждый которых обладает своими определенными преимуществами, однако одновременно имеет ограничения. К примеру, сталь

характеризуется высокой прочностью, но подвержена коррозии и требует защитных мероприятий; железобетон отличается высокой несущей способностью и долговечностью, однако обладает значительной массой, высокой энергоемкостью производства и чувствительностью к отдельным видам эксплуатационных повреждений; натуральная древесина имеет сравнительно небольшую плотность, хорошие упругие свойства и способность к демпфированию динамических воздействий, однако ее эксплуатационные характеристики существенно зависят от влажности, температуры, биологических факторов и качества защитной обработки.

И вот развитие композиционных технологий позволяет объединить преимущества различных материалов и компенсировать часть их недостатков. В этом отношении древесные композиционные материалы представляют особый научный и практический интерес, так как в отличие от массивной древесины, свойства композита могут формироваться на стадии проектирования путем изменения состава, структуры, направления армирования, вида полимерного связующего, степени уплотнения и характера распределения компонентов.

Древесное сырье в данном случае может выполнять роль наполнителя или структурной основы, а полимерная матрица – обеспечивать связывание частиц, повышение влагостойкости и стабильность формы. А возможное дополнительное армирование стеклянными или другими волокнами может повысить сопротивление изгибу, растяжению и циклическим нагрузкам.

Особенно перспективным является использование таких материалов при модернизации существующей транспортной инфраструктуры, когда необходимо не только создать новые конструкции, но и обеспечить возможность поэтапной замены отдельных элементов без масштабного изменения всей системы.

Рассмотрим подробнее.

Одним из наиболее показательных примеров применения древесных композитов является железнодорожная шпала, так как несмотря на сравнительно простую геометрическую форму, шпала выполняет комплекс важных функций: обеспечивает заданное положение рельсов, воспринимает вертикальные и горизонтальные нагрузки, распределяет их между рельсовой нитью и балластом, участвует в работе рельсового скрепления и обеспечивает устойчивость рельсовой колеи. Следовательно, материал шпалы должен обладать не только высокой прочностью, но и определенным сочетанием жесткости, упругости, долговечности и способности сопротивляться локальным нагрузкам.

Именно необходимость такого комплексного сочетания свойств делает древесные композиты интересным направлением для дальнейшего развития транспортного строительства.

Также преимуществом древесных композитов является возможность использования технологических отходов, так как при производстве пиломатериалов, плитных материалов и других изделий образуется значительное количество древесных остатков, поскольку их применение в составе конструкционных композитов позволяет перейти от преимущественно линейной модели использования древесины к более рациональной модели, в которой сырье использует-

ся комплексно. В этом случае экономическая эффективность достигается не только за счет свойств готового изделия, но и за счет более полного использования древесного ресурса. Особенно важным это становится для регионов с развитой лесоперерабатывающей промышленностью, где имеется устойчивая сырьевая база для производства древесных наполнителей.

А вот основным ограничением натуральной древесины является зависимость ее свойств от условий эксплуатации, так ка периодическое увлажнение и высушивание приводит к изменению размеров и внутренних напряжений, а длительное воздействие влаги может создавать условия для биологического разрушения. Кроме того, механические свойства древесины определяются породой, направлением волокон, наличием пороков и особенностями конкретного сортимента. Или вот, к примеру, железобетонные шпалы, напротив, обладают высокой геометрической стабильностью и значительной несущей способностью. Однако их большая масса повышает требования к транспортированию и монтажу, а характер разрушения хрупких материалов отличается от характера деформационного поведения древесины, поэтому и создание промежуточного конструкционного материала, сочетающего низкую массу и определенную упругость древесины с долговечностью полимерной матрицы и прочностью армирующего каркаса, представляет собой научно обоснованное направление исследований.

Исходя из описанного, перспективная конструкция композитной шпалы может включать древесный наполнитель, полимерное связующее, стекловолоконное армирование и внутренний деревянный каркас, при чем, последний может быть сформирован из относительно недорогой низкосортной древесины, небольших по диаметру элементов или отходов деревообработки. Такая структура потенциально позволяет более рационально распределить материал по сечению и использовать каждый компонент в соответствии с его функциональными свойствами.

Но влагостойкость является одной из центральных проблем при использовании древесных композитов, так как древесина представляет собой гигроскопичный материал, поэтому способна поглощать влагу из окружающей среды. При этом могут изменяться масса, размеры и механические свойства древесной составляющей, из–за чего полимерная матрица способна существенно ограничивать проникновение влаги в материал.

При проектировании материала необходимо учитывать не только непосредственное воздействие воды, но и циклы «увлажнение – высушивание», так как именно повторное изменение влажности способно вызывать внутренние напряжения и постепенное разрушение межфазных связей.

Температура тоже является вторым важным фактором, так как в холодном климате материал подвергается воздействию низких температур, а в теплый период – нагреву. Полимерная матрица при этом может изменять жесткость и деформационные характеристики. Кроме того, древесная фаза и полимер имеют разные коэффициенты температурного расширения. При много-

кратных температурных циклах это может способствовать возникновению внутренних напряжений.

Именно поэтому перспективность древесного композита для эксплуатации в суровом климате должна подтверждаться специальными климатическими испытаниями. Недостаточно установить прочность нового материала при комнатной температуре. Необходимо определить, насколько сохраняются его свойства после циклического воздействия низких и высоких температур, влаги, ультрафиолетового излучения и механических нагрузок.

Как уже было отмечено выше, одним из наиболее эффективных способов повышения эксплуатационных характеристик древесных композитов является армирование. Стеклянное волокно представляет особый интерес благодаря сочетанию высокой прочности, сравнительно небольшой массы и технологической доступности, а армирующий элемент может воспринимать значительную долю растягивающих напряжений, в то время как древесно–полимерная основа обеспечивает передачу нагрузки между волокнами и формирование общей геометрии конструкции. Таким образом, эффективность армирования зависит не только от количества волокна, но и от качества его взаимодействия с матрицей. Но при этом, слишком малое количество армирующего компонента не обеспечит необходимого повышения прочности, тогда как чрезмерное содержание волокна может привести к ухудшению технологичности и увеличению стоимости изделия. Следовательно, оптимизация состава должна выполняться по совокупности механических и экономических критериев.

Важно отметить, что перспективность нового конструкционного материала определяется не только его характеристиками, но и возможностью промышленного производства.

Производство древесного композита может включать подготовку древесного сырья, его фракционирование, сушку, смешивание со связующим, введение армирующих компонентов, формование, прессование и окончательное отверждение. Конкретная технология определяется типом полимерной матрицы и требуемыми свойствами готового изделия. А в случае производства крупногабаритных элементов необходимо обеспечить равномерное распределение связующего и наполнителя по всему объему, так как неоднородность структуры может привести к появлению зон концентрации напряжений и локальному снижению прочности.

Применение древесных композитов не должно ограничиваться железнодорожными шпалами. Возможности композиционных материалов значительно шире, например, могут использоваться для изготовления элементов мостовых конструкций, настилов, ограждений, шумозащитных конструкций, элементов платформ, дорожных сооружений, вспомогательных строительных конструкций и отдельных элементов автомобильной инфраструктуры. Особенно перспективным может быть применение композитов там, где одновременно предъявляются требования к небольшой массе, коррозионной стойкости, технологичности обработки и достаточной несущей способности. К примеру, в автомобильном строительстве древесно–полимерные материалы могут рассматривать-

ся для отдельных элементов обустройства дорог, конструкций, не подвергающихся экстремальным нагрузкам, а также для временных и вспомогательных сооружений, а в мостовом строительстве перспективными направлениями являются настилы, второстепенные элементы и конструкции, где необходимо уменьшить массу.

Таким образом, древесные композиты следует рассматривать не как простую замену традиционной древесины, бетона или других строительных материалов, а как самостоятельный класс инженерных материалов.

Список использованных источников

1. Бурнашев А.И., Ашрапов А.Х., Абдрахманова Л.А., Низамов Р.К. Структура и свойства модифицированного древесно–полимерного композита / Строительные материалы. 2014. С. 104–106. EDN: RXEUPP

2. Стородубцева, Т.Н. Композиционный материал на основе отходов – альтернатива древесине во многих сферах ее использования / Т.Н. Стородубцева // Современные проблемы и направления развития металловедения и термической обработки металлов и сплавов: сборник научных статей 2–й Международной научно–технической конференции – Курск: Юго–Западный государственный университет, 2021. – С. 82–86. – EDN VWMIOX.

THE USE OF WOOD COMPOSITES IN THE CONSTRUCTION AND MODERNIZATION OF TRANSPORT INFRASTRUCTURE

A.A. Aizatova

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

Wood composites can be considered not only as an alternative to traditional materials, but also as an independent class of structural materials, the properties of which can be purposefully formed in accordance with operating conditions.

Keywords: wood composites, transport construction, transport infrastructure, polymer materials.

УДК 621.941.02–529:004.896

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ АДАПТИВНОГО ТОЧЕНИЯ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ

Е.О. Андреев, Ю.В. Истомина

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

В статье рассмотрена задача повышения эффективности токарной обработки детали из стали 45 ГОСТ 1050–2013 за счёт применения адаптивной

стратегии точения в системе SprutCAM. Приведено сравнение классической стратегии чернового точения с постоянной глубиной резания и адаптивной стратегии с постоянным углом контакта и круглой пластиной. Выполнено моделирование обработки внешнего контура детали и оценка машинного времени. Показано сокращение машинного времени при переходе к адаптивной стратегии.

Ключевые слова: адаптивное точение, SprutCAM, токарная обработка, управляющая программа, ЧПУ, машинное время.

Современные тенденции развития машиностроительных производств связаны с непрерывным повышением производительности и скорости обработки резанием при одновременном снижении затрат на инструмент и обеспечении качества поверхности. Для токарной обработки деталей типа «Вал ступенчатый» характерна высокая доля черновых операций, при которых удаляется до 60 –70 % объёма припуска. Традиционные классические стратегии точения, реализуемые в CAM–системах, основаны на последовательных линейных проходах с постоянной глубиной резания. Их существенным недостатком является переменная ширина срезаемого слоя при обработке фасонных переходов, конических участков и ступеней, что приводит к колебаниям силы резания, ускоренному износу режущей кромки и необходимости ручной корректировки подач [1]. В качестве альтернативы в системе SprutCAM реализована стратегия адаптивного точения. Она предполагает использование резца с круглой пластиной и формирование траектории с постоянным углом контакта инструмента с заготовкой [2].

Для оценки эффективности метода было проведено моделирование в программе SprutCAM на примере черновой обработки детали типа «Вал ступенчатый», изготовленной из стали 45 ГОСТ 1050–2013. Обработка производится по внешнему контуру. Виртуальная обработка детали проводилась на кинематической модели токарного станка с ЧПУ Talent SV–150. Для моделирования траекторий использовался токарный резец с круглой пластиной SRDCN–1212F–06/RC6X–06 02. Режимы резания для адаптивной и классической стратегии выбраны следующие: частота вращения шпинделя S = 300 мин$^{-1}$, рабочая подача F = 0,5 мм/об, шаг 1 мм.

Анализ времени цикла выполнялся встроенными средствами SprutCAM, объём управляющей программы оценивался после постпроцессирования. Результаты адаптивной обработки: машинное время – 16 мин 55 с, длина траектории – 1,846 м, количество кадров УП – 547.

При классическом подходе к черновой обработке внешнего контура рассматриваемой детали потребовались дополнительные проходы с пониженной подачей в угловых зонах. С учётом врезаний, ускоренных и замедленных участков, а также обработки канавок фактическое машинное время для классической черновой обработки в симуляции SprutCAM составило 25 мин. 58 с. В угловых зонах (переходы между ступенями, канавки) подача принудительно снижалась до 30 – 40 % от номинала для предотвращения пиковых динамиче-

ских нагрузок. Это дополнительно увеличивало машинное время и требовало ручной корректировки режимов.

Адаптивная стратегия обеспечивает значительное увеличение скорости обработки канавок по сравнению с классическим циклом за счёт построения траектории, состоящей из плавных дуг, по которым инструмент движется с постоянной нагрузкой, а также возможности использования значительно более высоких значений подачи. Полученные результаты моделирования сведены в таблицу 1.

Таблица 1 – Сравнительные показатели стратегий точения

Параметр	Классическая стратегия	Адаптивное точение
Машинное время, мин	25 мин. 58 с.	16 мин. 55 с.
Количество кадров УП	448	547
Ручная корректировка подач	да	нет
Длина траектории	5,010 м.	1,846 м.

Экономия времени обусловлена исключением замедлений в углах благодаря стабилизации сечения стружки, а также заменой этапа врезания резца в заготовку на более быстрый и безопасный метод с постоянным углом контакта круглой пластины (рисунок 1).

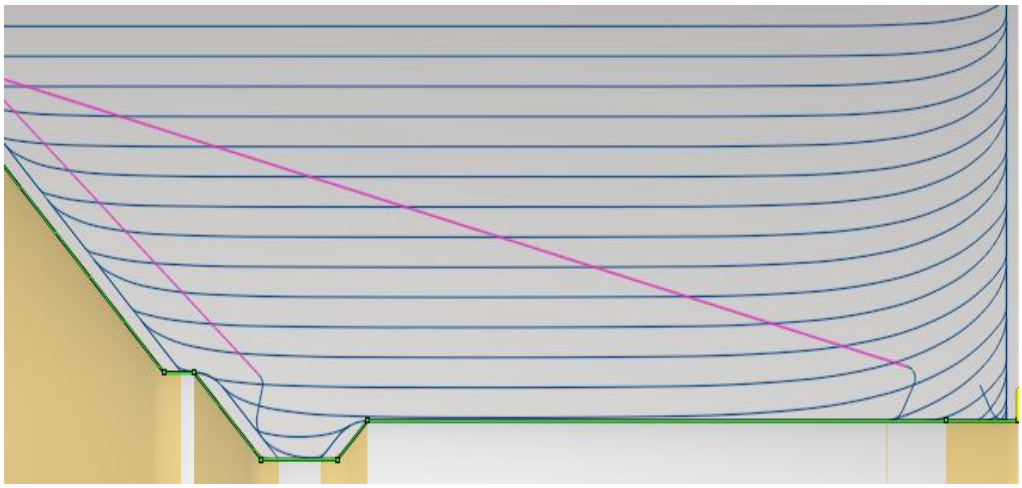


Рисунок 1 – Визуализация стратегии адаптивного точения

Также моделирование обработки детали показало, что технология адаптивного точения обеспечивает сокращение машинного времени на 32 % (с 25 мин. 58 с до 16 мин. 55 с.) за счёт автоматического построения траектории с постоянным углом контакта и исключения ручной корректировки подач. Увеличение объёма УП с 448 до 547 кадров означает, что кинематическая траектория стала более совершенной.

Кроме того, совокупный экономический эффект складывается из сокращения машинного времени черновой обработки на 32 % для рассматриваемой детали, увеличения срока службы инструмента, за счет обеспечения равномерной нагрузки на него, а также возможности работы программы в автоматическом режиме с минимальным вмешательством оператора.

Таким образом, адаптивное точение, реализованное в системе SprutCAM, представляет собой значительный шаг вперёд по сравнению с классическими стратегиями токарной обработки. На примере детали «Вал ступенчатый» из стали 45 показано, что применение адаптивной стратегии позволяет сократить машинное время черновой обработки внешнего контура с 25 мин. 58 с. до 16 мин. 55 с. и обеспечить более равномерный износ режущей части инструмента.

Список использованных источников

1. Григорьев С.Н., Кутин А.А. Инновационное развитие высокотехнологичных машиностроительных производств на основе интегрированных АС ТПП // Автоматизация и современные технологии. – 2011. – № 11. – С. 23–29.

2. SprutCAM. Адаптивная токарная обработка: техническое руководство. – М.: SprutCAM, 2024. – 32 с.

ANALYSIS OF THE EFFICIENCY OF ADAPTIVE TURNING TECHNOLOGY IN PROGRAMMING TURNING OPERATIONS ON CNC MACHINES

E.O. Andreev, Yu.V. Istomina

Penza State University, Penza, Russia

The article examines the task of improving the efficiency of turning operations on a part made of steel 45 GOST 1050–2013, by applying an adaptive turning strategy in the SprutCAM system. A comparison is provided of the classical rough turning strategy with a constant cutting depth and the adaptive strategy with a constant contact angle and a round insert. Modeling of the machining of the part's external contour and an assessment of machine time have been carried out. It is shown that machine time is reduced when switching to the adaptive strategy.

Keywords: adaptive turning, SprutCAM, turning, control program, CNC, machine time.

УДК 629.113.004.67

СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БОРТОВЫХ СЕТЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

М.И. Антипин

Сибирская пожарно–спасательная академия ГПС МЧС России, г. Железногорск, Россия

В статье рассмотрены системные проблемы, возникающие при техническом обслуживании и ремонте электрической бортовой сети современных авто-

транспортных средств. Уделено внимание механическим повреждениям, тепловым воздействиям, неоднородности архитектуры и применению различных стандартов при построении бортовой сети автотранспортных средств, в том числе гибридных автомобилей, вопросам электромагнитной совместимости.

Ключевые слова: архитектура бортовой сети, системные проблемы, техническое обслуживание и ремонт.

Современные электрические цепи автомобилей представляют собой сложную иерархическую структуру, состоящую из множества независимых электронных блоков управления (ECU), объединенных различными физическими и логическими протоколами связи, определяя архитектурную неоднородность бортовой сети. Это фундаментальная характеристика современной автомобильной электроники, при которой единая централизованная система управления отсутствует. Можно выделить четыре вида архитектурной неоднородности бортовой сети современного автотранспортного средства – неоднородность уровней напряжения, топологическая неоднородность (силовая, информационная), функционально–иерархическая неоднородность, пространственная неоднородность. В совокупности, осложняющие процесс выполнения технического обслуживания и ремонта автотранспортного средства. При этом ремонт бортовой сети грузового автомобиля, автобуса или магистрального тягача кардинально отличается от работы с легковым транспортом. Если в легковом автомобиле проводка это сложная паутина для обеспечения комфорта и управления двигателем, то в коммерческой технике электросистема является несущим каркасом всей логистики.

Сложность ремонта и технического обслуживания здесь обусловлена не только масштабом, но и спецификой эксплуатации: огромные пробеги, работа в режиме «старт–стоп», постоянное воздействие реагентов и колоссальные перепады температур. Сложность иерархической системы бортовой сети и отсутствие единых стандартов построения приводят к таким видам отказов как разрыв магистрали или «земляная петля». Прицепы часто меняются между разными тягачами. Различия в схемах разводки (например, 7–pin против 15–pin, стандарты ISO 1185 и ISO 7638) требуют использования переходников, которые со временем становятся точками отказа. Из–за большой длины кабелей возникают разности потенциалов между массой тягача и прицепа. Это вызывает плавающие ошибки электрооборудования, которые невозможно найти в статике, они проявляются только в процессе движения из–за вибраций. В этом случае соединения «вилка–розетка» (ABS, EBS, габариты) самое уязвимое место системы. Попадание влаги, механический износ контактов и нарушение герметичности жгута приводят к потере связи между модуляторами тормозов тягача и прицепа.

Высоковольтные разъемы, например, стандарта LV215 или фирменные решения TE Connectivity/AMP представляют сложные герметичные узлы со встроенными системами блокировки (Interlock Circuit). Сигнальный контакт interlock физически размыкается первым при отсоединении разъема. Это дает

команду контроллеру немедленно обесточить цепь еще до того, как основные силовые пины выйдут из зацепления. Проблема здесь заключатся в том, что эти разъемы являются одноразовыми. После раскрытия корпуса в полевых условиях заводская герметичность теряется. Использование неоригинальных уплотнителей или замена поврежденного корпуса деталью «с разборки» часто приводит к попаданию влаги внутрь. Вода внутри высоковольтного разъема провоцирует коррозию серебра на контактах, рост сопротивления, локальный нагрев и последующее оплавление («выгорание») дорогостоящего штекера.

Современные грузовики Scania, Volvo, Mercedes–Benz Actros, отечественные КАМАЗ поколения К5 управляются через несколько цифровых шин данных. Большая часть отказов обусловлена информационной слепотой мультиплексных сетей CAN–bus. Обрыв информационного провода в хвостовой части полуприцепа порождает «эффект домино» блокирует передачу телематических данных на весь состав при этом дисплей водителя начинает показывать критические предупреждения о системах, которые физически исправны. На концах длинной линии CAN должны стоять согласующие резисторы (терминаторы) по 120 Ом. При врезках дополнительного оборудования (сигнализации, датчики давления в шинах) или ремонте после обрыва часто забывают восстановить сопротивление. Шина перестает работать корректно, пакеты данных теряются, блоки уходят в защиту. В отличие от легковых авто, в грузовиках одновременно работают низкоскоростные шины для света и замков и высокоскоростные для двигателя и трансмиссии. Ошибка в одной создает наводки, парализующие другую.

Механические повреждения и старение под воздействием внешних факторов также приводят к отказам. Птицы и грызуны нередко устраивают гнезда в моторном отсеке или за панелями кабины. Для своих жилищ они перегрызают дорогую без галогеновую изоляцию современных проводов, что приводит к коротким замыканиям, способным выжечь всю косу до основного блока предохранителей. Пробег в миллион километров эквивалентен десятилетиям бытовой эксплуатации. Провода, проложенные без учета амплитуды колебаний рамы или кабины, переламываются у точек фиксации. Особенно страдают силовые цепи стартеров и генераторов, где вибрация накладывается на высокий пусковой ток. Постоянное воздействие дорожных солей, антиобледенительных реагентов и паров аккумуляторной кислоты превращает медные жилы в труху. Внешне провод выглядит целым, но внутри изоляции остается лишь горсть зеленого порошка.

Тепловые воздействия и энергетический дисбаланс приводят также к отказам. Электросистема современного тягача питает не только себя, но и жилой модуль, холодильную установку рефрижератора, гидравлические борта и десятки осветительных приборов прицепа. Установка мощных дополнительных потребителей люстры, инвертора на 220В, чайников на штатную проводку приводит к ее хроническому перегреву. Оплетка затвердевает и трескается, создавая пожароопасную ситуацию глубоко под облицовкой кабины. На длине кабеля в 15…20 метров даже небольшое увеличение сопротивления из–за плохого

контакта дает критическую просадку напряжения. Блоки управления пневмоподвеской или коробкой передач начинают перезагружаться прямо во время движения из–за нехватки питания. В сцепке используется массив батарей глубокого разряда. Неисправность одного элемента создает перекос зарядных токов, заставляя генератор работать на пределе возможностей, что перегревает диодный мост и силовую проводку.

Срок службы коммерческого транспорта измеряется десятилетиями. За это время машина проходит через десяток водителей и ремонтных зон. Скрытые перемычки, несоответствие сечений проводов и отсутствие документации в ходе текущего ремонта приводят к появлению дополнительных отказов и осложняют выполнение ремонта. Часто вместо поиска сложного обрыва что прокладывают провод параллельно поврежденному участку. Со временем эта временная мера становится причиной утечек тока, высаживающих аккумуляторы за ночь. Использование бытовых проводов меньшего сечения вместо специализированных автомобильных марки FLRY, Q ведет к локальному нагреву и пожару под нагрузкой. На старую технику зачастую нет актуальных электросхем. При техническом обслуживании и ремонте приходится прозванивать каждый сантиметр жгута, пытаясь понять логику заводского монтажа, которая может быть изменена предыдущими ремонтами.

С переходом коммерческого транспорта на электротягу, электробусы, магистральные электрогрузовики e–Actros, Volvo FH Electric, отечественные КАМАЗы линейки «Чистогор», системные проблемы электропроводки вышли на принципиально новый уровень. Если в классической схеме главной угрозой был пожар из–за короткого замыкания 24–вольтовой сети, то здесь возможно поражение персонала электрическим током и мгновенное воспламенение тяговых батарей.

Первая группа отказов обусловлена разделением сетей и наличием гальванической развязки. В электромобиле и электробусе сосуществуют две независимые энергосистемы низковольтная (Low Voltage) и высоковольтная (High Voltage). Первая представляет стандартную 12 или 24 Вольтовую сеть для освещения, мультимедиа и блоков управления. Она питается от отдельной вспомогательной свинцово–кислотной батареи. Вторая высоковольтная цепь постоянного тока напряжением от 400 до 900 Вольт, в новых моделях выше, соединяющая тяговую батарею, инвертор и электродвигатель. Системная проблема возникает при нарушении изоляции между этими контурами. Пробой высоковольтного кабеля на массу кузова мгновенно выводит из строя всю нежную электронику низкого напряжения через общие точки заземления или блоки предохранителей. Ремонт после такого события требует полной замены жгутов обеих систем, так как медь проводников подвергается необратимому изменению структуры под воздействием электрической дуги.

Электромагнитная совместимость, сложность экранирования и защиты от электромагнитных помех определяют вторую группу причин отказов гибридных транспортных средств. Электродвигатели работают на переменных токах высокой частоты. Силовые кабели к ним генерируют мощнейшее электромаг-

нитное поле. В отличие от обычного провода, который можно согнуть руками, высоковольтный кабель имеет жесткий экран (оплета или фольга) и сложную многослойную изоляцию. При ремонте необходимо строго соблюдать радиус изгиба. Слишком крутой изгиб приводит к микротрещинам во внутреннем слое изоляции XLPE, которые проявляются не сразу, а спустя несколько тысяч километров пробега под высоким давлением. Неправильная укладка отремонтированного жгута рядом с низковольтными датчиками вызывает наводки, из–за которых блок управления получает ложные данные о скорости вращения колес или положении педали, вызывая аварийное отключение силовой установки прямо в движении.

Тяговая батарея управляется модулем BMS (Battery Management System). Система контролирует каждую ячейку аккумулятора через тонкие балансировочные провода. Эти провода имеют сечение менее 0,35 мм². Любая попытка проложить их «с запасом» или неудачный зажим гофрой приводят к перелому жилы. Для системы это выглядит как критическая неисправность ячейки. Электроника принудительно обесточивает весь автомобиль мощностью в сотни киловатт, делая невозможным даже его эвакуацию своим ходом. Проверка такой проводки обычным мультиметром может быть неэффективна. На высоких напряжениях пробой может происходить только под нагрузкой. Требуется использование мегаомметров (меггеров) для проверки сопротивления изоляции.

Вся высоковольтная проводка по международным стандартам окрашивается в ярко–оранжевый цвет и прокладывается вдали от зон возможного повреждения (под днищем в защитных коробах). Изоляция рассчитана на работу при температурах до 150 °C. Однако вблизи тормозных механизмов или выхлопной системы (актуально для последовательных гибридов с ДВС–генератором) штатная теплоизоляция разрушается. При ремонте необходимо восстанавливать не только сам провод, но и слои жаропрочного стекловолокна и керамических чехлов, иначе внешняя пластиковая оболочка потечет от перегрева, оголяя опасные для жизни элементы.

Любая попытка сэкономить на расходных материалах или пропустить этап диагностики мультиплексной сети неизбежно приведет к повторному отказу, стоимость устранения которого в «полевых» условиях будет в разы выше, чем качественный стационарный ремонт.

Ремонт электросети электрического или гибридного автотранспортного средства перестает быть чисто механической работой с металлом и пластиком. Он превращается в задачу для инженера–диагноста, требующую строгого соблюдения протоколов безопасности LOTO (Lockout/Tagout), использования специализированного диагностического оборудования для калибровки датчиков изоляции и понимания физики распространения высокочастотных сигналов. Ошибка в таком ремонте стоит несоизмеримо дороже самой детали, она ставит под угрозу жизнь водителя, пассажиров и окружающих участников движения.

Кроме того, ремонт электропроводки требует перехода от концепции «восстановления контакта» к концепции «восстановления инженерной целост-

ности». Качественное решение системных проблем возможно только при соблюдении нескольких условий. Во–первых, использование специализированного инструмента, например обжимных прессов вместо пассатижей. Полная герметизация соединений термоусадочными трубками с клеевым слоем, особенно в местах входа в розетки прицепа. Применение проводов, соответствующих отраслевому стандарту UTP/SFTP для низких напряжений и усиленных силовых кабелей для высоких нагрузок. Обязательная проверка падения напряжения под рабочей нагрузкой, а не просто контроль наличия потенциала мультиметром. Восстановление заводских трасс прокладки с использованием защитных гофротруб и текстильных изолент, предотвращающих истирание.

Список использованных источников

1. Эрнест Блуменштайн High–Voltage Cable Harness Design for Electric Vehicles. – SAE Technical Paper 2019–01–1325.

2. Росс Твигг Технология монтажа и ремонта электропроводки. Профессиональное руководство. – СПб.: Алфамер Паблишинг, 2018.

3. Уилл Найтс, Барри Хольцман Автомобильные жгуты проводов. Проектирование и производство. – SAE International, 2016.

4. ГОСТ Р ИСО 11898–1 / ISO 11898–1:2015 Транспорт дорожный. Местная контроллерная сеть (CAN). Часть 1. Уровень канала передачи данных.

5. ISO 16750 Road vehicles – Environmental conditions and testing for electrical and electronic equipment.

6. Bosch GmbH (Robert) Automotive Electrics and Automotive Electronics. 6th Edition. – John Wiley & Sons, 2022.

SYSTEMIC PROBLEMS IN THE MAINTENANCE AND REPAIR OF VEHICLE ELECTRICAL ON–BOARD NETWORKS

M.I. Antipin

Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Zheleznogorsk, Russia

The article examines systemic problems that arise during the maintenance and repair of the electrical on–board network of modern vehicles. Attention is paid to mechanical damage, thermal effects, architectural heterogeneity, and the use of various standards in building the onboard network of motor vehicles, including hybrid vehicles, as well as to issues of electromagnetic compatibility.

Keywords: onboard network architecture, system problems, maintenance and repair.

УДК 656.13

РОЛЬ СЕЗОННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА

А.Д. Бублик

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

Рассмотрена роль сезонных автомобильных дорог (автозимников и ледовых переправ) в доставке грузов при обустройстве нефтегазовых месторождений Крайнего Севера. Показано место сезонных дорог в комбинированных схемах доставки грузов. Выявлены основные проблемы их эксплуатации: нестабильность сроков работы, ограниченная несущая способность и концентрация грузопотока в коротком временном окне. Предложены направления повышения надёжности сезонных дорог и их интеграции в транспортно–технологическую систему освоения месторождений.

Ключевые слова: Крайний Север, сезонные автомобильные дороги, автозимник, ледовая переправа, нефтегазовые месторождения, транспортно–логистическое обеспечение, грузоперевозки.

Освоение нефтегазовых месторождений Крайнего Севера невозможно без надёжной транспортно–логистической системы, обеспечивающей доставку бурового оборудования, строительных материалов, топлива и вахтового персонала. Особенность этих территорий состоит в том, что сеть постоянных автомобильных дорог с твёрдым покрытием здесь практически отсутствует, железнодорожное сообщение охватывает лишь отдельные направления, а речная и морская навигация ограничена коротким летним периодом. В результате значительная часть грузопотока на начальных этапах освоения месторождений приходится на сезонные автомобильные дороги – зимние автомобильные дороги (автозимники) и ледовые переправы, функционирующие только в период устойчивых отрицательных температур [1, 2].

Под сезонными автомобильными дорогами в настоящей статье понимаются временные дороги, земляное полотно и покрытие которых формируются из уплотнённого снега, льда и промороженного грунта, а также ледовые переправы через реки и водоёмы. Такие дороги не требуют капитальных вложений, сопоставимых со строительством постоянной автодороги, и могут быть проложены по заболоченной и обводнённой местности, которая в летний период непроходима для колёсного транспорта. Именно это делает их основным, а нередко и единственным сухопутным способом доставки грузов к удалённым лицензионным участкам на Ямале, Гыдане и Таймыре.

Роль сезонных дорог в обустройстве месторождений определяется тем, что на этапах разведки и начального обустройства объёмы грузов и интенсив-

ность движения ещё не оправдывают строительство постоянной дороги, а сроки работ, напротив, крайне жёсткие. В частности, при освоении месторождений проекта «Восток Ойл» на севере Красноярского края поставка буровых установок и тяжёлого оборудования напрямую зависит от сезонности навигации и работы зимних дорог, что требует согласования всех звеньев транспортно–технологической системы [1]. Аналогичная ситуация характерна и для месторождений Ямало–Ненецкого автономного округа, где грузы, доставленные речным транспортом в летнюю навигацию, затем развозятся по объектам уже по зимникам.

Таким образом, на практике формируется комбинированная схема доставки: в летний период грузы завозятся водным транспортом до перевалочных баз на реках или морском побережье, а в зимний период – по автозимникам от перевалочных баз непосредственно до кустовых площадок, буровых и вахтовых посёлков. Подобные транспортно–логистические схемы с использованием различных видов транспорта рассматриваются как основа освоения арктических территорий, не имеющих круглогодичного наземного сообщения [2]. Сезонная автомобильная дорога в этой схеме выступает замыкающим звеном, от своевременного открытия которого зависит выполнение всей производственной программы.

Сезонный характер работы зимних дорог порождает ряд проблем, которые непосредственно влияют на экономику нефтегазовых проектов. Первой и наиболее существенной из них является ограниченность и нестабильность периода эксплуатации. Сроки открытия и закрытия зимников определяются промерзанием грунта и установлением устойчивого ледового покрова на реках, поэтому даже небольшие отклонения погодных условий от средних значений сдвигают начало сезона и сокращают его продолжительность. Исследования многолетней изменчивости ледового режима рек Пур и Таз, где расположены крупные нефтегазовые районы Ямало–Ненецкого автономного округа, показывают, что зимние и ледовые условия выступают самостоятельным фактором риска для работы зимников и ледовых переправ [3].

Вторая проблема связана с ограниченной несущей способностью сезонных дорог. Ледовые переправы и снежно–ледовое покрытие рассчитаны на определённую нагрузку, тогда как при обустройстве месторождений требуется перевозка тяжеловесного и крупногабаритного оборудования: модулей буровых установок, блоков технологических объектов, трубной продукции большого диаметра. Анализ работы ледовых автозимников и переправ в районах Крайнего Севера показывает, что именно ледовые участки являются наиболее уязвимым элементом сезонной дороги с точки зрения безопасности и пропускной способности [4]. Для перевозки негабаритных грузов разрабатываются отдельные технологии строительства автозимников специального назначения с применением комбинированных машин [5].

Третья проблема – концентрация грузопотока в коротком временном окне. Поскольку весь годовой объём грузов, не доставленный летней навигацией, необходимо перевезти за несколько зимних месяцев, интенсивность движе-

ния на зимниках резко возрастает, что приводит к износу покрытия, увеличению потребности в подвижном составе и дорожной технике, а также к росту аварийности. Любая задержка открытия сезона в таких условиях означает, что часть грузов может не быть доставлена до весеннего закрытия дороги, а это ведёт к переносу сроков бурения и ввода объектов на следующий год.

Четвёртая проблема имеет организационно–информационный характер. Решения об открытии, закрытии и ограничении движения по сезонным дорогам зачастую принимаются на основе визуальных наблюдений и опыта эксплуатирующих организаций, а не на основе систематического мониторинга. Между тем исследования, выполненные на примере арктических районов Республики Саха (Якутия), показывают, что применение цифровых технологий мониторинга и прогнозирования позволяет повысить эффективность работы автозимников [6]. Для нефтегазовых компаний, использующих зимники для обустройства месторождений, рассматривается также применение интеллектуальных систем планирования грузоперевозок [7].

Перечисленные проблемы позволяют сделать вывод, что сезонные автомобильные дороги, оставаясь незаменимым элементом транспортно–логистического обеспечения на ранних стадиях освоения месторождений, одновременно являются источником существенных рисков для сроков и стоимости нефтегазовых проектов. Экономический эффект сезонной дороги определяется не только её относительно низкой стоимостью, но и тем, насколько надёжно она обеспечивает выполнение программы завоза в отведённое время.

На основании проведённого анализа можно выделить следующие направления повышения роли и надёжности сезонных автомобильных дорог в обеспечении освоения нефтегазовых месторождений Крайнего Севера.

1. Продление сроков эксплуатации зимних дорог за счёт инженерных решений. Перспективными представляются технологии искусственного промораживания и термостабилизации основания, в том числе с использованием возобновляемых источников энергии, позволяющие сдвинуть начало сезона на более ранние сроки и продлить работу дороги весной [8]. Для ледовых переправ актуальны технологии повышения несущей способности льда.

2. Переход от реактивного к прогнозному управлению сезоном. Систематический мониторинг ледовых и температурных условий, прогнозирование сроков открытия и закрытия зимников и цифровое планирование перевозок позволяют заранее перераспределять грузопоток между летней навигацией и зимним сезоном и снижают риск недовоза грузов [3, 6, 7].

3. Поэтапное развитие сети: сочетание сезонных и постоянных дорог. На опорных направлениях с устойчивым многолетним грузопотоком, прежде всего на участках между перевалочными базами и центральными объектами месторождений, целесообразно поэтапное замещение зимников круглогодичными автодорогами, тогда как для периферийных участков и ранних стадий освоения сезонные дороги сохраняют экономическое преимущество. Выбор между этими вариантами должен основываться на сопоставлении затрат на строительство и содержание с потерями от сезонных ограничений.

4. Интеграция сезонных дорог в единую транспортно–технологическую систему. Сроки речной и морской навигации, мощности перевалочных баз, парк подвижного состава и график работы зимников должны планироваться как взаимосвязанные элементы одной системы, поскольку узкое место в любом звене приводит к срыву программы завоза в целом [1, 2].

Таким образом, сезонные автомобильные дороги играют ключевую роль в транспортно–логистическом обеспечении освоения нефтегазовых месторождений Крайнего Севера, обеспечивая доставку грузов на территории, не имеющие круглогодичного наземного сообщения. Вместе с тем их зависимость от природно–климатических условий, ограниченная несущая способность и концентрация грузопотока в коротком временном окне создают риски для сроков и экономической эффективности проектов. Повышение надёжности сезонных дорог за счёт инженерных решений, прогнозного управления и их интеграции в единую транспортно–технологическую систему, а также обоснованное поэтапное замещение зимников постоянными дорогами на опорных направлениях позволят снизить эти риски и повысить устойчивость транспортного обеспечения нефтегазового освоения Арктики.

Список использованных источников

1. Фролов, А.О. Развитие транспортной инфраструктуры как фактор, обеспечивающий своевременное перемещение грузов в районы Крайнего Севера / А.О. Фролов, Ю.Н. Зудина, Н.Д. Ильин // Вестник Московского автомобильно–дорожного государственного технического университета (МАДИ). – 2026. – № 2 (85). – С. 61–66. – EDN AEFDEV.

2. Андреева, Л.А. Формирование транспортно–логистических схем арктических регионов с использованием инновационных видов транспорта / Л.А. Андреева // Градостроительство. – 2020. – № 2 (66). – С. 60–64. – EDN IWISUA.

3. Волкова, Н.А. Зимние и ледовые условия на реках Пур и Таз как фактор риска для работы зимников и переправ: анализ многолетней изменчивости / Н.А. Волкова, К.В. Ромашова // Вселенная белого медведя: экологическая и техносферная безопасность в Арктике: сборник материалов научно–практической конференции. – Санкт–Петербург, 2026. – С. 24–28. – EDN FFWVYM.

4. Копылов, С.В. Оценка работы ледовых автозимников и переправ в районах Крайнего Севера / С.В. Копылов // Транспортные сооружения. – 2022. – Т. 9, № 1. – DOI 10.15862/09SATS122. – EDN HHCCPR.

5. Мадьяров, Т.М. Технология строительства автозимников специального назначения для перевозки негабарита с применением комбинированной машины / Т.М. Мадьяров, А.К. Русмиленко, В.А. Костырченко // Инженерный вестник Дона. – 2021. – № 10 (82). – С. 291–300. – EDN ERPIDD.

6. Иванова, А.Е. Цифровая технология, как один из методов повышения эффективности работы автозимников арктических районов Республики Саха (Якутия) / А.Е. Иванова, А.М. Ишков, В.М. Власов, Н.А. Филиппова // Мир транспорта и технологических машин. – 2023. – № 3–2 (82). – С. 137–143. – EDN XBNAFS.

7. Бородулин, И.С. Грузоперевозки с применением искусственного интеллекта по автозимникам для обустройства месторождений / И.С. Бородулин // Арктика: современные подходы к производственной и экологической безопасности в нефтегазовом секторе: материалы Международной научно–практической конференции. – Тюмень: ТИУ, 2024. – С. 405–407. – EDN STJJCU.

8. Локтионов, Е.Ю. О возможности продления сроков эксплуатации автозимников с использованием возобновляемых источников энергии / Е.Ю. Локтионов, Е.С. Шараборова, А.В. Клоков [и др.] // Арктика: экология и экономика. – 2023. – Т. 13, № 4 (52). – С. 570–578. – DOI 10.25283/2223–4594–2023–4–570–578. – EDN KNQPRF.

THE ROLE OF SEASONAL ROADS IN TRANSPORT AND LOGISTICS SUPPORT FOR THE DEVELOPMENT OF OIL AND GAS FIELDS IN THE FAR NORTH

A.D. Bublik

National University of Oil and Gas «Gubkin University», Moscow, Russia

The role of seasonal roads (winter roads and ice crossings) in cargo delivery during the development of oil and gas fields in the Far North is considered. The place of seasonal roads in combined cargo delivery schemes is shown. The main problems of their operation are identified: unstable operating periods, limited bearing capacity and concentration of cargo traffic within a short time window. Directions for improving the reliability of seasonal roads and integrating them into the transport and technological system of field development are proposed.

Keywords: Far North, seasonal roads, winter road, ice crossing, oil and gas fields, transport and logistics support, freight transportation.

УДК 621.983:629.33

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ РАСКРОЕ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Д.Т. Бунтури

Тульский государственный университет, г. Тула, Россия

В статье рассмотрены резервы повышения коэффициента использования металла (КИМ) при изготовлении листовых деталей кузова легкового автомобиля. Показано, что основные потери связаны не только с геометрией раскроя,

но и с технологическими припусками под вытяжку, шириной перемычек и несогласованностью форматов проката с номенклатурой деталей.

Ключевые слова: коэффициент использования металла, раскрой листа, листовая штамповка, форма заготовки, технологический припуск, совмещённый раскрой, лазерная вырубка, сварные заготовки, автомобильный кузов.

В себестоимости кузовной детали доля металла обычно составляет от 50 до 70 %. Остальное приходится на амортизацию штампов, энергию и труд, поэтому даже небольшой прирост КИМ в масштабах серийного производства сопоставим по эффекту с заметной модернизацией прессового парка. При выпуске в сотни тысяч автомобилей в год один процентный пункт КИМ по кузову означает сотни тонн сэкономленной стали. Значение этого показателя растёт с переходом на дорогие высокопрочные и алюминиевые сплавы.

Для крупногабаритных вытяжных деталей кузова КИМ остаётся сравнительно низким и нередко не превышает 50–60 %. Причина в самой физике процесса, так как чтобы получить глубокую пространственную форму без разрывов и складок, заготовку приходится делать заметно больше готовой детали. Она должна иметь фланец под прижим и место под перетяжные рёбра, а после вытяжки этот металл уходит в обрезь. Задача повышения КИМ сводится к тому, чтобы сократить технологически неизбежные потери до минимума и полностью устранить потери организационные.

Потери при изготовлении листовой детали удобно разделить на три уровня. Первый уровень – потери на раскрой. Это перемычки между заготовками, краевые отходы полосы и обрезка некратных остатков листа или рулона. Они определяются шириной проката, шагом вырубки и взаимной ориентацией заготовок. Второй уровень – технологические потери в штампе. Это припуск под прижимной фланец, зоны перетяжных рёбер, отходы после обрезки контура и пробивки окон. Для деталей типа внутренней панели двери именно эта составляющая доминирует, поскольку большое окно под стекло целиком уходит в отход. Третий уровень – организационные потери. К ним относятся несоответствие марок и толщин проката заказанным, наладочные заготовки, брак, а также отсутствие системы повторного использования крупных отходов.

Практика показывает, что традиционная оптимизация затрагивает в основном первый уровень. Наибольшие резервы при этом скрыты во втором и третьем. Исторически форму заготовки для сложной вытяжной детали назначали с запасом, по опыту технолога, а затем подрезали по результатам опробования штампа. Такой подход надёжен, но систематически завышает расход металла.

Современные конечно–элементные пакеты [1–7] для листовой штамповки позволяют решать обратную задачу. По заданной геометрии детали и обрезному контуру они рассчитывают минимально необходимую развёртку с учётом течения металла. Дальше выполняется прямое моделирование вытяжки с этой заготовкой. Оно проверяет запас по диаграмме предельных деформаций, распределение утонения и риск складкообразования во фланце.

Важно, что анализ напряжённо–деформированного состояния показывает, где металл во фланце фактически не участвует в формообразовании и лишь удерживается прижимом. Такие зоны можно срезать уже на этапе заготовки.

Существенный резерв даёт совмещённый раскрой. В нём на одной ширине полосы чередуются заготовки разных деталей одной марки и толщины, например левой и правой панелей или крупной панели. Такая схема требует согласованного планирования выпуска, поскольку детали производятся в одинаковом темпе. Для кузова, где большинство деталей входит в комплект один к одному, это условие выполняется естественным образом.

Технологически совмещённый раскрой наиболее гибко реализуется на линиях лазерной вырубки из рулона. В отличие от вырубного штампа, лазерная линия не привязана к фиксированному контуру и шагу. Смена раскладки сводится к загрузке новой программы. Это позволяет применять плотную нерегулярную укладку с поворотом заготовок и минимальными перемычками, подбирать оптимальную ширину рулона под комбинацию деталей и быстро перестраивать раскрой при изменении программы выпуска. Есть и дополнительный эффект: отпадает необходимость в дорогостоящих вырубных штампах. Это особенно выгодно при мелкосерийном выпуске и в период освоения новой модели.

Ещё одно направление – сварные заготовки переменной толщины. Деталь собирают лазерной сваркой из нескольких частей разной толщины или прочности ещё до штамповки. Обычно этот приём рассматривают как средство снижения массы кузова, но он работает и на КИМ. Крупную деталь сложного контура, которая из цельного листа дала бы большие отходы, можно составить из нескольких компактных прямоугольных или трапецеидальных частей.

Наконец, значительный резерв лежит в системном использовании крупных отходов. Вырубленное окно панели двери или обрезь фланцев капота часто имеют размеры, достаточные для мелких кронштейнов, усилителей и пластин. Для этого нужна номенклатурная карта отходов: соответствие между типовыми отходами крупных деталей и заготовками мелких деталей той же марки и толщины. Кроме того, требуется оснастка, позволяющая подавать отход в штамп без ручной правки. Такое вовлечение напрямую не меняет КИМ отдельной детали, но повышает его по кузову в целом.

Таким образом, повышение КИМ при раскрое автомобильных листовых деталей не сводится к задаче плотной укладки заготовок на листе. Наибольший эффект дает согласованная работа на всех уровнях потерь. Форма заготовки должна обосновываться анализом напряжённо–деформированного состояния, а не опытными запасами. Раскрой должен строиться для комплекта деталей, а не для каждой детали отдельно. Оборудование должно обеспечивать гибкость раскладки, а крупные отходы должны рассматриваться как сырьё.

Совокупное применение этих мер позволяет поднять КИМ крупных вытяжных деталей на 6–9 %. Эффект усиливается при переходе на дорогие высокопрочные стали и алюминиевые сплавы, где цена каждого килограмма отхода существенно выше.

Список использованных источников

1. Сторожев М.В. Теория обработки металлов давлением: учебник для вузов. 4–е изд., перераб. и доп. / М.В. Сторожев, Е.А. Попов. М.: Машиностроение, 1977. 423 с.

2. Бунтури Д.Т., Шеховцов С.Д. Оптимизация затрат на штамповку оснастки в условиях мелкосерийного производства // Евразийское пространство: экономика, право, общество. ГБУН «Юго–Осетинский научно–исследовательский институт». 2025. №8. С. 8–10.

3. Яковлев С.С., Шишкина А.А. Исследование средних напряжений при гофрировании трубчатой заготовки // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 9. С. 324–327.

4. Ковка и штамповка: Справочник. В 4–х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с.

5. Ващенко А.И., Касьянова И.В. Улучшение качества деталей с помощью анализа технологического процесса при их получении методом штамповки // Евразийское пространство: экономика, право, общество. ГБУН «Юго–Осетинский научно–исследовательский институт». 2025. № 3. С. 12–14.

6. Недошивин С.В., Цепляев И.К. Компьютерное моделирование влияния температурного режима горячей штамповки на вероятность образования поверхностных дефектов // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. 2025. № 9. С. 333–336.

7. Рыбин Ю.И. Математическое моделирование и проектирование технологических процессов обработки металлов давлением / Ю.И. Рыбин, А.И. Рудской, А.М. Золотов. Л.: Наука, 2004. 644 с.

INCREASING THE METAL UTILIZATION RATE WHEN CUTTING SHEET METAL PARTS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

D.T. Bunturi

Tula State University,
Tula, Russia

The article considers the reserves for increasing the metal utilization factor (CMM) in the manufacture of sheet metal body parts of a passenger car. It is shown that the main losses are related not only to the geometry of the cutting, but also to the technological allowances for drawing, the width of the lintels and the inconsistency of the rolling formats with the nomenclature of parts.

Keywords: metal utilization rate, sheet cutting, sheet stamping, billet shape, technological allowance, combined cutting, laser cutting, welded blanks, automobile body.

УДК 621.983:629.33

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ РАЗРУШЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДАВЛЕНИЕМ

А.Ю. Бухаров

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

Рассмотрены подходы к выбору критериев разрушения при численном моделировании процессов изготовления автомобильных деталей давлением. Показана необходимость учитывать напряжённое состояние, свойства материала и механизм образования трещин. Предложен подход к выбору модели повреждаемости с учётом точности прогноза, доступности экспериментальных данных и вычислительных затрат.

Ключевые слова: обработка давлением, автомобильные детали, пластическое разрушение, повреждаемость, штамповка, численное моделирование.

Производство автомобильных деталей методами листовой и объёмной штамповки сопровождается неоднородным распределением деформаций и напряжений, в отдельных участках заготовки возникают условия для образования трещин, краевых надрывов и внутренних разрывов [1–7]. Численное моделирование позволяет выявлять потенциально опасные зоны до изготовления технологической оснастки. Однако достоверность такого прогноза определяется не только качеством расчётной сетки, но и соответствием критерия разрушения реальному механизму повреждения материала.

Выбор критерия следует начинать с анализа напряжённого состояния. При преобладании растягивающих напряжений разрушение пластичных металлов часто связано с зарождением, ростом и объединением микропустот. При значительной доле сдвига повреждение может развиваться иначе, поэтому модель, настроенная только по испытанию на одноосное растяжение, не всегда правильно описывает разрушение при пробивке, гибке или формировании сложных переходов. Для разграничения таких условий используют трёхосность напряжений и параметр Лоде, характеризующие соответственно долю среднего напряжения и особенности соотношения главных напряжений.

Для предварительной оценки технологических вариантов целесообразно рассматривать интегральные критерии накопления повреждений, например критерий Кокрофта–Латема. Его распространённость связана с относительно простой идентификацией и небольшими дополнительными вычислительными затратами. Вместе с тем критическое значение повреждаемости нельзя считать универсальной константой для любых операций. Перенос настройки между различающимися условиями нагружения требует проверки, особенно при переходе от растяжения к сдвигу или при изменении температуры обработки.

Если необходимо прогнозировать разрушение в широком диапазоне напряжённых состояний, предпочтительны модели, учитывающие зависимость

предельной пластической деформации от трёхосности и параметра Лоде. К таким подходам относятся модифицированный критерий Мора–Кулона и модель Хосфорда–Кулона. Для материалов, у которых существенную роль играет развитие пористости, могут применяться модели семейства Гурсона– Твергаарда–Нидлмана. Их использование требует более подробной экспериментальной идентификации, поэтому усложнение расчёта оправдано лишь при наличии данных, позволяющих надёжно определить параметры.

При листовой штамповке важно разграничивать локализацию деформации и собственно разрушение. Диаграмма предельного формоизменения преимущественно характеризует возникновение локальной шейки и не заменяет критерий образования трещины. Для автомобильных панелей её целесообразно использовать совместно с моделью повреждаемости, дополнительно учитывая анизотропию листа и историю нагружения. При прогнозировании краевых надрывов необходимо учитывать состояние кромки после резки: дефекты и предварительное повреждение способны существенно снизить допустимую деформацию.

Практическая проверка выбранного подхода должна включать испытания с различными схемами нагружения и сопоставление расчёта с результатами контрольной штамповки. Оценивать следует не только положение опасной зоны, но и момент появления трещины, предельный ход инструмента и характер разрушения. Необходима также проверка чувствительности к размеру элементов: при локализации повреждений результат может зависеть от расчётной сетки, что требует регуляризации либо строго контролируемой процедуры калибровки.

Таким образом, рациональный выбор критерия определяется соответствием механизму разрушения и качеством экспериментальной настройки, а не сложностью модели самой по себе. Для предварительного сравнения режимов достаточно проверенного интегрального критерия; для ответственных деталей и сложных траекторий деформирования требуется более полное описание повреждаемости. При этом складки, дефекты и потеря устойчивости должны оцениваться отдельно, поскольку критерии разрушения не охватывают все возможные дефекты обработки давлением.

Список использованных источников

1. Конахина Н.А. Анализ инновационных технологий в мировой отрасли автомобилестроения // Инновации. 2008. № 2 (112).

2. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Изд. 2–е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 278 с.

3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4–х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с.

4. Иванов К.М., Звонцов И.Ф., Серебреницкий П.П. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения. М.: Лань, 2018. 696 с.

5. Бочарова Ю.А. Машиностроение. В 40–а томах. Том IV Машины и оборудование кузнечно–штамповочного и литейного производства / Ю.А. Бочарова. М.: Машиностроение, 2005. 711 с.

6. Норицын И.А., Шехтер В.Я., Мансуров А.М. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов. М.: Высш. шк., 1977. 258 с

7. Теория и технология производства листового проката: тем. сб. науч. тр. / М–во металлургии СССР, Ин–т черной металлургии; ред. В. Л. Мазур. – М.: Металлургия, 1991. – 128 с.

SELECTION OF FRACTURE CRITERIA FOR PREDICTING DEFECTS IN THE MANUFACTURE OF AUTOMOTIVE PARTS BY PRESSURE

A.Y. Bukharov

Tula State University,
Tula, Russia

Approaches to the selection of fracture criteria in the numerical simulation of the processes of manufacturing automotive parts by pressure are considered. It is shown that it is necessary to take into account the stress state, material properties and the mechanism of crack formation. An approach to choosing a damage model is proposed, taking into account the accuracy of the forecast, the availability of experimental data and computational costs.

Keywords: pressure treatment, automotive parts, plastic fracture, damage, stamping, numerical modeling.

УДК 621.983:629.33

ГИБКА ТРУБ ДЛЯ ВЫПУСКНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ: ДЕФЕКТЫ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ

А.И. Ващенко

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

В статье рассматриваются особенности гибки тонкостенных труб, из которых изготавливают элементы выпускных систем легковых и коммерческих автомобилей. Показано, что основные дефекты, такие как утонение стенки, гофрообразование, овализация сечения, пружинение и разрушение по сварному шву, связаны между собой и определяются соотношением геометрии трубы, радиуса гибки, свойств материала и схемы нагружения. Отдельное внимание уделено экономической стороне, а именно выбору между удорожанием оснастки и потерями от брака и снижением ресурса изделия.

Ключевые слова: гибка труб, выпускная система, тонкостенная труба, гофрообразование, овальность, утонение стенки, пружинение, автомобильная промышленность.

Выпускная система современного автомобиля состоит из пространственно изогнутых трубопроводов, соединяющих выпускной коллектор, каталитический нейтрализатор, сажевый фильтр, резонатор и глушитель. Компоновка днища становится всё плотнее, поэтому трубы приходится гнуть по малым радиусам с несколькими изгибами в разных плоскостях. При этом сами трубы стремятся делать тоньше ради снижения массы и стоимости. Типичные размеры составляют от 38 до 76 мм по наружному диаметру при толщине стенки от 1,0 до 2,0 мм. Чаще всего используются ферритные нержавеющие стали типа AISI 409 и 439 (отечественный аналог 08Х13 и близкие марки), реже аустенитная, а в бюджетных решениях алюминированная углеродистая сталь.

Сочетание большого отношения диаметра к толщине стенки (обычно от 25 до 50) с малым радиусом гибки (от одного до двух диаметров) переводит процесс в область, где дефекты возникают легко, а запас технологичности невелик. При этом требования к детали достаточно высокие, так сечение должно сохранять форму для стыковки с фланцами и хомутами, стенка не должна заметно утоняться, иначе в условиях высоких температур и агрессивного конденсата сокращается коррозионный ресурс, а геометрия изгиба должна точно соответствовать трассировке под кузовом.

При гибке трубы по оправке наружные волокна растягиваются, внутренние сжимаются, а нейтральный слой смещается к внутренней стороне изгиба. Именно эта асимметрия порождает весь комплекс дефектов. Для наглядности возьмём трубу диаметром 50,8 мм с толщиной стенки 1,5 мм. При радиусе гибки, равном полутора диаметрам, деформация наружных волокон составляет порядка четверти исходной длины. При радиусе в один диаметр она приближается к трети. Сталь 08Х13 имеет относительное удлинение около 25–30 %, поэтому во втором случае процесс идёт практически на пределе пластичности материала, особенно если в зоне растяжения оказался сварной шов.

Утонение стенки на наружной стороне изгиба является прямым следствием растяжения. В приведённом примере без специальных мер оно может достигать 15–20 %. Коррозия изнутри от конденсата и снаружи от дорожных реагентов съедает именно эту, уже ослабленную зону, а термоциклирование ускоряет образование трещин.

Гофрообразование возникает на внутренней стороне изгиба, где тонкая стенка под действием сжимающих напряжений теряет устойчивость. Чем больше отношение диаметра к толщине и чем меньше радиус гибки, тем выше склонность к гофрам. Помимо внешнего вида, гофры создают местные концентраторы напряжений и зоны скопления конденсата, а также повышают аэродинамическое сопротивление потоку газов и шум.

Овализация сечения связана с тем, что растянутые и сжатые волокна стремятся сблизиться к нейтральной оси, и круглое сечение сплющивается в

плоскости изгиба. На практике допуск по овальности для выпускных труб обычно лежит в пределах нескольких процентов от диаметра. Превышение затрудняет посадку на раструбы и хомутовые соединения, а также уменьшает проходное сечение.

Пружинение проявляется после снятия нагрузки, когда упругая составляющая деформации частично возвращает трубу к исходной форме. Угол изгиба уменьшается, а радиус увеличивается. Для высокопрочных нержавеющих сталей величина пружинения заметно выше, чем для углеродистых, и вдобавок различается от партии к партии из–за разброса предела текучести. В пространственной детали с пятью–шестью изгибами погрешности накапливаются, и концы трубы могут уйти от номинального положения на несколько миллиметров.

Разрушение по сварному шву характерно для электросварных труб, которые преобладают в производстве выпускных систем. Зона шва и околошовная зона обладают иной структурой и пониженной пластичностью. Если шов при гибке попадает на растянутую сторону, трещина может возникнуть даже при умеренной деформации. Сюда же относятся поверхностные дефекты: риски и задиры от дорна, следы прижимной планки, а также повреждение алюминиевого покрытия у алюминированных труб.

Основной способ гибки труб выпускных систем – гибка наматыванием на поворотный гибочный ролик на станках с ЧПУ. Проблему сварного шва решают ориентацией трубы перед гибкой. Шов располагают вблизи нейтральной зоны изгиба, то есть сбоку, а не на растянутой или сжатой стороне. Для пространственной детали это требует продуманной последовательности изгибов и поворотов, иначе на одном из них шов неизбежно окажется в неблагоприятном положении. Дополнительную надёжность дают трубы с лазерной сваркой и последующей термообработкой шва, у которых свойства зоны шва ближе к основному металлу.

Пружинение компенсируют перегибом на расчётный угол, который определяют по результатам пробной гибки и корректируют в программе станка. Современные станки с ЧПУ позволяют вводить поправки отдельно для каждого изгиба, а некоторые оснащаются системами измерения угла после разгрузки с автоматической коррекцией. При работе с партиями металла разных плавок полезно сопровождать каждую партию сертификатом с фактическим пределом текучести и иметь таблицу поправок под этот параметр.

Для изгибов с очень малым радиусом, а также для деталей с изменяющимся по длине радиусом всё шире применяется свободная гибка. В ней форма задаётся перемещением подвижной матрицы относительно трубы, проталкиваемой через неё. Метод не требует отдельного комплекта оснастки на каждый радиус, но предъявляет повышенные требования к стабильности свойств металла.

Таким образом, дефекты при гибке труб выпускных систем имеют общую природу. Они вызваны неравномерностью деформации по сечению трубы и усиливаются с ростом тонкостенности и уменьшением радиуса гибки. Поэтому

отладка процесса требует согласованного подбора дорна, складкоприёмника, подпора и ориентации сварного шва.

Список использованных источников

1. Бочарова Ю.А. Машиностроение. В 40–а томах. Том IV Машины и оборудование кузнечно–штамповочного и литейного производства / Ю.А. Бочарова. М.: Машиностроение, 2005. 711 с.

2. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Изд. 2–е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 278 с.

3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4–х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с.

4. Иванов К.М., Звонцов И.Ф., Серебреницкий П.П. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения. М.: Лань, 2018. 696 с.

PIPE BENDING FOR AUTOMOBILE EXHAUST SYSTEMS: DEFECTS AND WAYS TO PREVENT THEM

A.I. Vashchenko

Tula State University,
Tula, Russia

The article discusses the features of bending thin–walled pipes, which are used to manufacture exhaust system components for passenger cars and commercial vehicles. It is shown that the main defects, such as wall thinning, corrugation, cross–section ovalization, springiness and weld fracture, are interconnected and determined by the ratio of pipe geometry, bending radius, material properties and loading scheme. Special attention is paid to the economic side, namely the choice between an increase in the cost of tooling and losses from defects and a decrease in product life.

Keywords: pipe bending, exhaust system, thin–walled pipe, corrugation, ovality, wall thinning, springing, automotive industry.

УДК 656.11

ВНЕДРЕНИЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ БЛОКИРОВКИ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ КОЛЕС НА АВТОМОБИЛЬ LADA NIVA LEGENT

А.А. Войнов, В.Н. Фурсов

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассматриваются принудительная блокировка колес, её эффективность в повседневной жизни. Проведен анализ существующих систем

управления блокировкой в LADA NIVA LEGENT и выявлены недостатки, которые делают пользование неполноценным. Предложены пути к устранению проблем и необходимость внести принудительную блокировку колес для улучшения внедорожных качеств транспортного средства.

Ключевые слова: Принудительная блокировка, колеса, системы, транспортное средство.

Автомобиль LADA Niva Legend изначально проектировался как внедорожник с базовым набором трансмиссионных решений, ориентированных на баланс проходимости и надёжности в тяжёлых условиях. При этом штатная конструкция не предусматривала принудительную блокировку межколёсных дифференциалов – в базовой комплектации реализован свободный дифференциал, допускающий пробуксовку одного из колёс оси при потере сцепления.

Принудительная блокировка колёс (межколёсных дифференциалов) выступает дооснащением, направленным на радикальное повышение внедорожных качеств: при активации узла крутящий момент жёстко распределяется между колёсами одной оси, исключая ситуацию, когда тяга подаётся только на буксующее колесо. Это критично на рыхлых, скользких или разнородных покрытиях, где свободный дифференциал снижает проходимость. Производителем не предусмотрена штатная блокировка колес, полагаясь на сравнительно легкую массу автомобиля (1285 кг) и мобильность.

Достоинства штатной межосевой блокировки на LADA NIVA LEGENT

В Lada Niva Legend с завода стоит межосевая блокировка – она находится в раздаточной коробке. Она не блокирует дифференциалы в самом переднем или заднем мосту (то есть между левым и правым колесом одной оси). Её задача – связать между собой привод передней и задней осей. Внутри раздатки есть межосевой дифференциал. В обычном режиме он позволяет валам привода переднего и заднего мостов вращаться с разной скоростью – это необходимо, например, в поворотах, когда колёса проходят разный путь.

А вот для блокировки в конструкцию добавлена подвижная муфта. Когда водитель переводит специальный рычаг в салоне в положение «блокировка», муфта сдвигается по шлицам вала и входит в зацепление с венцом самого дифференциала. В этот момент валы привода осей жёстко связываются – они начинают вращаться синхронно. В результате крутящий момент распределяется между осями более равномерно, и если одна из них потеряла сцепление (колесо буксует в грязи, на льду или в песке), вторая ось получает тягу и помогает вытащить машину.

Недостатки штатной межосевой блокировки на LADA NIVA LEGENT

Штатная межосевая блокировка – это помощник для преодоления отдельных препятствий, но она не решает всех проблем сложного бездорожья. Например, при диагональном вывешивании (когда одно переднее и одно заднее колесо одновременно теряют контакт с землёй) машина всё равно может буксовать. Для более серьёзного бездорожья владельцы иногда устанавливают дополнительные межколёсные блокировки.

Основные типы принудительных блокировок

– Пневматические (воздушные) – самые популярные и надежные для тяжелого бездорожья. Блокирование происходит за счет давления воздуха, который подается от установленного под капотом компрессора.

– Тросовые (механические) – простые в установке, не требуют компрессора и ресивера. Включение происходит с помощью механического рычага через тросовый привод.

– Электрические – активируются кнопкой через электромагнитную муфту внутри дифференциала. Исключают необходимость прокладки воздушных магистралей или тросов, но чувствительны к состоянию проводки при частых водных процедурах.

Для LADA NIVA LEGENT будет рассматриваться именно самый простой – тросовая принудительная блокировка задних и передних колес. Это будет финансово выгодным вариантом и эффективен для такого автомобиля бюджетного класса. Тросовая принудительная блокировка – это решение, ориентированное на максимальную простоту эксплуатации и обслуживания: в отличие от пневматических или электрических систем, здесь не требуется компрессор, датчики или дополнительные электрические цепи, а значит, снижается риск отказов из–за проблем с электропитанием или утечек воздуха. Механизм приводится в действие непосредственно водителем через трос – по принципу «включил при съезде на бездорожье, выключил при возвращении на асфальт», что даёт полный контроль над работой трансмиссии.

Принцип работы тросовой принудительной блокировки задних и передних колес для LADA NIVA LEGENT

Принцип работы тросовой принудительной блокировки колёс: она даёт водителю прямой контроль, чтобы жёстко связать колёса одной оси и помочь машине выбраться из сложного участка (грязь, снег, песок и диагональное вывешивание).

В основе лежит обычный дифференциал (часто свободного типа, с сателлитами). Его задача – распределять крутящий момент между колёсами, позволяя им вращаться с разной скоростью. Но когда водитель активирует тросовую блокировку, система принудительно «запирает» дифференциал: колёса начинают вращаться синхронно, как будто закреплены на общем валу.

Пошаговый процесс блокировки задних и передних колес выглядит следующим образом:

– Внутри дифференциала есть блокирующая муфта. В обычном (разблокированном) состоянии она не создаёт жёсткой связи.

– Когда водитель тянет рычаг в салоне, усилие передаётся по тросу на механизм, установленный прямо на чулке моста (редуктора).

– Трос приводит в движение вилку привода муфты.

– Вилка перемещает блокирующую муфту. Муфта через направляющие в корпусе дифференциала жёстко соединяется с зубчатым венцом полуосевой шестерни.

– В результате одна чаша дифференциала оказывается жёстко связана с полуосью – колёса блокируются.

Список использованных источников

1. Гришкевич А.И., Ломако Д.М., Автушко В.П. Конструкция, расчёт и эксплуатационные свойства автомобилей: трансмиссия и ходовая часть. – Минск: Высшая школа, 2017. – 319 с.

2. Агейкин Я.С. Проходимость автомобилей. – Москва: Машиностроение, 1981. – 232 с.

3. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля. – Санкт–Петербург: БХВ–Петербург, 2006. – 478 с.

4. Пирковский Ю.В., Шухман С.Б. Теория движения полноприводного автомобиля (прикладные вопросы оптимизации конструкции шасси). – Москва: ЮНИТИ–ДАНА, 2001. – 230 с.

5. Апухтин С.М. Практические решения по модернизации трансмиссии легковых внедорожников (на примере автомобилей ВАЗ/«Нива»). – В сб.: Материалы отраслевых конференций по тюнингу и доработке серийных автомобилей. – Тольятти, 2015. – С. 45–58.

IMPLEMENTATION OF FORCED LOCKING OF FRONT AND REAR WHEELS ON THE LADA NIVA LEGENT

A.A. Woiniov, V.N. Fursov

Penza State University,
Penza, Russia

This article examines the use of a manually engaged differential lock and its effectiveness in everyday driving. It analyzes the systems currently found in the LADA NIVA, identifying shortcomings that limit their utility. The article proposes solutions to these issues and highlights the necessity of implementing a manually engaged differential lock to enhance the vehicle's off–road capabilities.

Keywords: Forced locking, wheels, systems, vehicle.

УДК 629.113

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛНОГО ПРИВОДА E–4WD В ПЕРЕДНЕПРИВОДНЫЕ АВТОМОБИЛИ LADA

А.А. Войнов, Я.А. Миронов

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассматривается возможность адаптации электрической системы полного привода (E–4WD) к переднеприводным автомобилям Lada. Проведён

анализ архитектуры систем E–4WD различных производителей. Рассмотрены российские компоненты: электропривод EDM 3/6, электромагнитная муфта ESM производства ЗЛАТМУФТА, а также генератор повышенного напряжения. Дана оценка совместимости с платформами Lada Largus, Vesta и Granta. Предложена архитектура системы для Lada Largus с питанием от генератора, без использования тяговой батареи.

Ключевые слова: электрический полный привод, E–4WD, Lada, EDM 3/6, электромагнитная муфта, генератор, гибридная трансмиссия.

1 Введение

Системы полного привода традиционно востребованы в регионах с холодным климатом и сложными дорожными условиями. Однако классические механические системы 4WD обладают существенными недостатками: наличие карданного вала и раздаточной коробки сокращает пространство салона и багажника, увеличивает массу автомобиля и снижает топливную экономичность. Электрическая система полного привода позволяет устранить эти недостатки за счёт отказа от механической связи между осями.

АвтоВАЗ в настоящее время не производит полноприводных легковых автомобилей. Официальная позиция предприятия: выпуск полноприводных моделей в бюджетной ценовой нише нерентабелен из–за отсутствия достаточного спроса.

Целью данной работы является оценка технической реализуемости и потенциальной эффективности системы E–4WD для переднеприводных автомобилей Lada.

2 Краткий обзор существующих систем E–4WD

На сегодняшний день существует несколько серийных и прототипных реализаций электрического полного привода. Система E–4WD компании GKN Automotive использует компактный электромотор для привода задних колёс, питаемый от генератора, приводимого основным двигателем. Карданный вал и раздаточная коробка отсутствуют. Электромотор автоматически отключается на высоких скоростях.

3 Компонентная база

3.1 Электропривод EDM 3/6

Электропривод EDM 3/6 российского производства представляет собой интегрированный узел, объединяющий синхронный электродвигатель с постоянными магнитами, двухступенчатый цилиндрический редуктор со встроенным дифференциалом и силовой инвертор. Основные технические характеристики приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики электропривода EDM 3/6

Параметр	Значение
Номинальная мощность	3 кВт
Максимальная мощность	6 кВт
Номинальный момент	11,5 Н·м
Максимальный момент	46 Н·м

Параметр	Значение
Напряжение питания	48 В
Номинальные обороты	2500 об/мин
Максимальные обороты	6000 об/мин
Передаточное число редуктора	8,34
Масса (мотор + редуктор)	30 кг
Масса инвертора	5 кг

3.2 Электромагнитная муфта ESM (ЗЛАТМУФТА)

Для отключения заднего привода при переходе в режим 2WD может быть использована электромагнитная муфта серии ESM производства ООО «ЗЛАТМУФТА» (г. Златоуст). Например, модель ESM 3–60 рассчитана на передаваемый момент до 60 Н·м и рабочее напряжение 24 В (возможно исполнение на 48 В). Время срабатывания – 0,03–0,28 с. Муфта имеет бесконтактную конструкцию, что снижает износ и повышает надежность. Применение: отключение неиспользуемых компонентов трансмиссии, блокировка дифференциала.

3.3. Генератор повышенного напряжения

В качестве источника питания для электропривода задней оси предлагается использовать генератор повышенного напряжения (42–48 В) с водяным охлаждением, приводимый ремнём от коленчатого вала двигателя. Такой генератор может быть изготовлен на базе серийного автомобильного генератора с перемоткой статора и заменой регулятора напряжения. Альтернативно, можно использовать готовые генераторы, применяемые в системах «старт–стоп» (например, 48–вольтовые генераторы от европейских производителей), однако для обеспечения импортонезависимости предпочтительна отечественная разработка.

4 Оценка совместимости с платформами Lada

4.1 Обоснование выбора Largus

Largus представляет собой наиболее подходящую платформу по следующим причинам. Наибольшая колёсная база (2905 мм) и ширина (1750 мм) обеспечивают достаточное пространство для размещения электропривода в районе задней оси. Задняя подвеска – полунезависимая с U–образной балкой и продольными рычагами, что упрощает монтаж. Наличие серийной электрической версии e–Largus означает, что часть инфраструктуры и компетенций для работы с высоковольтными системами уже существует. Базовый двигатель 1.6 л (105 л.с.) имеет достаточный запас мощности для компенсации дополнительной массы системы (25–40 кг).

4.2 Ограничения Vesta и Granta

Vesta технически совместима с концепцией E–4WD, однако колёсная база (2635 мм) меньше, чем у Largus, что создаёт ограничения по компоновке. Granta имеет наименьшие габариты среди рассматриваемых платформ, что затрудняет размещение электропривода без существенной переработки задней части кузова.

5 Предлагаемая архитектура системы для Lada Largus

5.1 Принципиальная схема

Предлагается архитектура, в которой питание электропривода задней оси осуществляется непосредственно от генератора, приводимого двигателем внутреннего сгорания. Данный подход реализован в системах Nissan e–4WD и GKN e4WD и не требует отдельной тяговой батареи.

Система включает следующие компоненты:

1. Генератор повышенного напряжения (42–48 В) с водяным охлаждением, приводимый ремнём от коленчатого вала двигателя.

2. Электропривод EDM 3/6 (мотор, редуктор, инвертор), питаемый напрямую от генератора.

3. Электромагнитная муфта ESM (ЗЛАТМУФТА) для отключения заднего привода.

4. Контроллер 4WD, управляющий генератором, инвертором и муфтой.

5. Датчики скорости колёс (штатные ABS).

Отдельная тяговая батарея отсутствует. Генератор вырабатывает электроэнергию только тогда, когда система E–4WD активна, что снижает потери и упрощает конструкцию.

5.2 Компоновка на автомобиле

Электропривод EDM 3/6 устанавливается в районе задней оси вместо штатной торсионной балки. Выходные валы редуктора соединяются с полуосями задних колёс через электромагнитную муфту ESM. Генератор повышенного напряжения устанавливается в моторном отсеке и приводится ремнём от коленчатого вала. Контроллер 4WD устанавливается в салоне под панелью приборов. Главный контактор и предзарядный резистор размещаются в моторном отсеке.

5.3 Принцип работы

1. Водитель включает режим 4WD кнопкой в салоне или система активируется автоматически при проскальзывании передних колёс.

2. Контроллер 4WD подаёт сигнал на генератор для выработки напряжения.

3. Контроллер подаёт сигнал на муфту ESM – муфта замыкается.

4. Электроэнергия от генератора поступает на инвертор EDM 3/6, который приводит в движение электромотор.

5. Крутящий момент передаётся через редуктор и муфту на задние колёса.

6. При достижении определённой скорости или отсутствии проскальзывания контроллер отключает генератор, размыкает муфту и останавливает электромотор – переход в режим 2WD.

5.4 Система управления

Управление системой E–4WD осуществляется отдельным электронным блоком (контроллером 4WD), который получает информацию от штатных датчиков автомобиля через шину CAN: скорость колёс, положение педали акселератора, обороты двигателя, угол поворота руля, оценку проскальзывания, управление генератором, управление инвертором.

5.5 Ожидаемые технические характеристики

На основе анализа существующих систем E–4WD прогнозируются следующие показатели для предлагаемой системы на Lada Largus:

– прирост массы – 35–40 кг улучшение топливной экономичности – на 3–4 % в режиме 2WD по сравнению с механическим 4WD;

– улучшение проходимости

– максимальная скорость с включённым 4WD – ограничена 30–40 км/ч.

6 Заключение

Проведённый анализ показывает, что создание системы E–4WD для переднеприводных автомобилей Lada технически реализуемо. Наиболее подходящей платформой является Lada Largus, обладающая достаточными габаритами, опытом электрификации (e–Largus) и целевой аудиторией. Российская компонентная база (электропривод EDM 3/6, электромагнитная муфта ESM производства ЗЛАТМУФТА, генератор повышенного напряжения) позволяет реализовать систему без импортных комплектующих. Вариант без тяговой батареи, с питанием от генератора, обеспечивает меньшую массу и стоимость. Дальнейшая работа должна быть направлена на создание демонстрационного образца и проведение испытаний на низком коэффициенте сцепления.

Список использованных источников

1. Development of Simple Driver–friendly Electric 4WD System / T. Yamamoto, H. Shimizu, M. Ito, M. Takano // Hitachi, Ltd. – 2004. – P. 186–190.

2. Звягин Д.Ю. Исследование тягового привода электромобиля LADA E–LARGUS: выпускная квалификационная работа / науч. рук. Спиридонов Е.А. – Новосибирск: Новосибирский государственный технический университет, 2025. – [Электронный ресурс]. – https://elibrary.nstu.ru/source?id=190799

3. Потапов А.В., Ляшенко М.В. Электропривод колёс на автомобиле Лада Веста // LXXV международные научные чтения (памяти А.А. Абрикосова): сборник статей Международной научно–практической конференции. – Москва: [б. и.], 2020. – С. 22–28.

4. Электромагнитные муфты серии ESM. – ООО «ЗЛАТМУФТА». – [Электронный ресурс]. – https://zlatmufta.ru

5. Электропривод EDM 3/6 России и СНГ // Привод. – https://novosibirsk.privod.ru/catalog/elektroprivod–dlya–transporta/modelnyy–ryad–edm/elektroprivod–edm–3–6/

THE INTRODUCTION OF ELECTRIC ALL–WHEEL DRIVE E–4WD IN FRONT–WHEEL DRIVE LADA CARS

A.A. Woiniov, Y.A. Mironov

Penza State University,
Penza, Russia

The article considers the possibility of adapting the electric all–wheel drive system (E–4WD) to front–wheel drive Lada cars. The architecture of E–4WD systems from various manufacturers is analyzed. Russian components were examined: the EDM 3/6 electric drive, the ESM electromagnetic clutch manufactured by ZLATMUFTA, and a high–voltage generator. An assessment of compatibility with

the Lada Largus, Vesta, and Granta platforms was provided. A system architecture for the Lada Largus, powered by a generator and without the use of a traction battery, was proposed.

Keywords: electric all–wheel drive, E–4WD, Lada, EDM 3/6, electromagnetic clutch, generator, hybrid transmission.

УДК 629.1

ПОВЫШЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОМОБИЛЯ ВАЗ 2131 «ПИКАП» КОМПАНИИ «ПРОМТЕХ»

А.А. Войнов, С.В. Суменков, Д.В. Паршин

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассматривается вариант повышения плавности хода автомобиля ВАЗ 2131 «Пикап» компании «ПромТех» за счёт применения пневматических упругих элементов и автоматизированной системы регулирования давления.

Ключевые слова: Пневмоподушка, автомобиль, пневматическая система, коэффициент.

При проезде ям, поперечных волн, выступов и других неровностей колесо будет совершать сильное вертикальное перемещение относительно кузова. Если подвеска никак не обеспечивает достаточного демпфирования, это приводит к раскачиванию кузова, снижению комфорта езды и увеличению динамических нагрузок на элементы автомобиля.

Предлагаемая модернизация заключается в установке пневматических упругих элементов, давление в которых будет регулироваться автоматически, с помощью датчиков положения, блока управления и электромагнитных клапанов. В отличие от обычной пружины, пневматическая подушка позволяет изменять эффективную жёсткость и рабочую высоту подвески в зависимости от нагрузки и дорожной ситуации (рисунок 1).

Главным элементом модернизированной подвески является пневмоподушка, которая установлена между подрессоренной и неподрессоренной массами автомобиля. Внутри подушки находится сжатый воздух, который создаёт упругую силу и при изменении нагрузки или положения кузова, давление в подушке будет изменяться посредством системы управления.

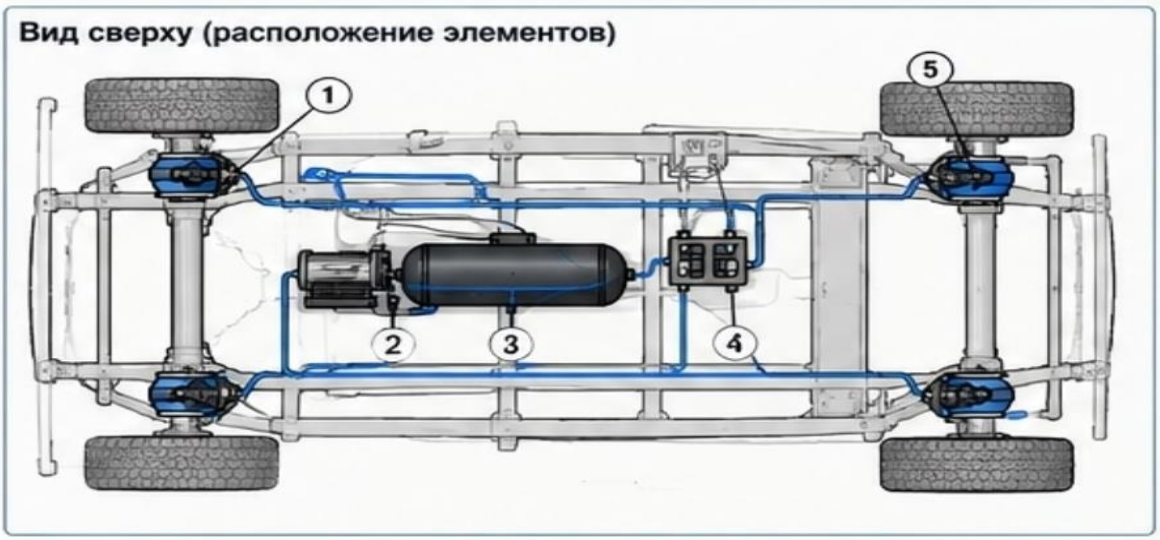


Рисунок 1 – Общий вид установки пневматической адаптивной подвески:1 – пневмобаллоны (4 шт.); 2 – Компрессор (12 В, 150–200 л/мин);3 – Ресивер (20–30 л); 4 – Блок управления (манометр, электромагнитные клапаны, датчики уровня); 5 – Пневмолинии (полиамидная трубка).

Разберем наиболее распространенную ситуацию – переднее колесо автомобиля попадает в яму. Колесо и элементы неподрессоренной массы начинают перемещаться вниз относительно кузова, после датчики видят изменение положения кузова.

После того, как сигнал будет обработан, блок управления подает команду на нужный электромагнитный клапан, но техническим уточнением является то, что пневмоподушка не должна пытаться мгновенно остановить кузов относительно земли. Если будет полностью компенсировано движение колеса, можно увеличить динамические нагрузки и работа подвески будет хуже. Поэтому главной целью данной системы является ограничение вертикального перемещения кузова и управление его скоростью.

При движении колеса вниз объём и давление в пневматическом упругом элементе изменяются, а система управления при необходимости корректирует давление. Одновременно амортизатор поглощает энергию колебаний. Кузов получает плавное перемещение, а после того, как колесо выйдет из ямы система возвращается к рабочему уровню.

После колесо начинает перемещаться вверх и без достаточного демпфирования кузов автомобиля начинает раскачиваться. В моей системе датчики контролируют положения и ускорения кузова, а блок управления подавая сигнал, изменяет давление в пневмоподушке.

В таблице представлены данные для инженерного расчета (таблица 1).

Таблица 1 – Параметры расчета.

Параметр	Обозначение	Принято	Ед.
Расчётная масса автомобиля с грузом	Mp	1900	кг
Доля нагрузки передней оси	α	0,50	–
Доля нагрузки задней оси	1−α	0,50	–

Параметр	Обозначение	Принято	Ед.
Количество пневмоподушек	n	4	шт.
Ускорение свободного падения	g	9,81	м/с²
Желаемая собственная частота	f_0	1,5	Гц
Рабочее давление	p	0,5	МПа
Объём ресивера	Vp	25	л

Сила тяжести рассчитываемого автомобиля:

$$G = M_p * g;$$

$$G = 1900 * 9{,}81 = 18639\ H.$$

Данную нагрузку распределим между четырьмя колесами:

$$F_{CT} = G/4;$$

$$F_{CT} = \frac{18639}{4} = 4660\ H.$$

Значит, одна пневмоподушка должна получать не менее 4,7 кН статической нагрузки.

Зависимость упрощённой одномассовой модели:

$$f_0 = \left(\frac{1}{2\pi}\right) * \sqrt{\frac{k}{m}};$$

Отсюда:

$$k = (2\pi f_0)^2 * m;$$

При $f_0 = 1{,}5$ Гц:

$$k = (2\pi * 1{,}5)^2 * 1900 = 168800 \text{ Н/м}.$$

Данная величина распределяется между передней и задней подвеской.

Расчетная эффективная площадь определяется по формуле:

$$A = \frac{F}{p};$$

При $F = 4660\ H$ и избыточном давлении $p = 0{,}5$ МПа:

$$A = \frac{4660}{500000} = 0{,}0093 \text{ м}^2 = 93 \text{ см}^3$$

Коэффициент относительного демпфирования примем ζ = 0,25.

Критический коэффициент определяем по формуле:

$$K_c = 2\sqrt{(k * m)};$$

$$K_c = 2\sqrt{168000 * 1900} = 35800 \text{ Н} * \text{с/м}.$$

Коэффициент демпфирования определяем по формуле:

$$c = \zeta * \text{K}_c;$$

$$c = 0{,}25 * 35800 = 8950\ H * c/\text{м}.$$

Примем, объём ресивера 25 л, а также максимальном избыточном давлении 0,8 МПа.

Определяем абсолютное давление:

$$P_{\text{абс}} = 0{,}8 + 0{,}1 = 0{,}9 \text{ МПа}.$$

Возьмем мощность компрессора 0,8 кВт и напряжении 12 В:

$$I = \frac{P}{U};$$

$$I = \frac{800}{12} = 67A.$$

Выводы: для того, чтобы добиться максимальный эффект пневматические элементы должны быть взаимосвязаны с амортизаторами. Для этого вариантом

является система, в которой датчики положения работают для автоматической коррекции давления пневмоподушек, а благодаря ресиверу происходит быстрое перемещение воздуха.

Были сделаны предварительные расчеты, которые показывают, что при массе автомобиля 1900 кг, нагрузка составила 4,66 кН на одну пневмоподушку. При частоте 1,5 Гц жёсткость будет составлять 169 кН/м. При давлении равным 0,5 МПа эффективная площадь подушки составит 93 см². Компрессор мощность, которого составляет 0,8 кВт потребует силу тока 67 А при 12 В.

Список использованных источников

1. Вахламов В.К. «Автомобили: Теория и конструкция автомобиля и двигателя»: учебник. – М.: Академия, 2008.

2. Лукин П.П., Гаспарянц Г.А., Родионов В.Ф. «Конструирование и расчёт автомобиля». – М.: Машиностроение, 1984.

3. «Автомобиль ВАЗ–21213 и его модификации. Руководство по эксплуатации, техническому обслуживанию и ремонту». – Тольятти: АВТОВАЗ.

4. Бердышев, В.И. Пневматические системы автомобилей и специальной техники: устройство, принцип действия и техническое обслуживание: учебное пособие / В.И. Бердышев, А.В. Гущин, А.А. Курков. – Москва: КолосС, 2018. – 231 с.

IMPROVING THE RIDE COMFORT OF THE VAZ 2131 «PICKUP» VEHICLE BY PROMTECH

A.A. Voinov, S.V. Sumenkov, D.V. Parshin

Penza State University,
Penza, Russia

This article examines a method for improving the ride comfort of the VAZ 2131 "Pickup" vehicle–manufactured by the company PromTech–through the use of pneumatic suspension elements and an automated pressure control system.

Keywords: Air spring, vehicle, pneumatic system, coefficient.

УДК 629.33.02

МОДЕРНИЗАЦИЯ ШАССИ МАЗ–643028 ПОДКАТНЫМ ПОДДЕРЖИВАЮЩИМ МОСТОМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОПОРНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ

Д.А. Гуляшов, А.А. Войнов

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия.

В статье рассмотрено конструктивное решение по модернизации грузового шасси МАЗ–643028 путем установки дополнительного подкатного под-

держивающего моста. Описана конструкция подкатного моста, оборудованного пневматической системой подъема и опускания с коромыслом, а также собственной тормозной системой. Приведены расчеты перераспределения осевых нагрузок, подтверждающие эффективное снижение воздействия на дорожное полотно и обеспечение соответствия нормативным требованиям по осевой массе.

Ключевые слова: МАЗ–643028 (подкатной поддерживающий мост), осевая нагрузка, пневмоподъемное коромысло, ось–ленивец, модернизация шасси, опорная поверхность.

Современный автотранспортный комплекс столкнулся с ужесточением нормативно–правовой базы, регламентирующей предельно допустимые осевые нагрузки и полную массу грузовых транспортных средств. Эксплуатация тяжеловозов и седельных тягачей, таких как МАЗ–643028, в условиях жесткого весового контроля нередко приводит к превышению допустимых нагрузок на одиночные и сближенные оси, что влечет за собой разрушение дорожного покрытия, а также значительные штрафные санкции для автотранспортных предприятий.

Традиционная колесная формула 6х4, применяемая на шасси МАЗ–643028, обеспечивает высокую силу тяги и проходимость, однако при перевозке плотных тяжеловесных грузов распределение массы по осям оказывается неравномерным. Одним из наиболее эффективных и экономически целесообразных способов решения данной проблемы является модернизация несущей системы автомобиля путем интегрирования дополнительного подкатного поддерживающего моста (подъемной оси типа «ленивец»).

Целью настоящего исследования является снижение удельного давления и нагрузки на опорную поверхность автомобильной дороги от колес шасси МАЗ–643028 путем разработки и внедрения конструкции подкатного поддерживающего моста с пневматическим управлением.

Конструктивная особенность подкатного поддерживающего моста включает в себя подкатной мостовой модуль, который приведен в виде принципиальной пневматической схемы (рисунок 1). Подкатной поддерживающий мост монтируется в задней части рамы шасси МАЗ–643028.

Ключевыми конструктивными элементами разрабатываемого устройства являются:

1. Жесткая силовая рама подкатной тележки: крепится к лонжеронам основного шасси за задним ведущим мостом, с помощью высокопрочных болтовых соединений и усилительных накладок, что обеспечивает надежную передачу изгибающих и крутящих моментов без ослабления штатной рамы автомобиля.

2. Рычажно–коромысловый механизм подъема (пневмокоромысло): включает в себя качающиеся коромысла, пневматические баллоны высокого давления и шарнирные опоры. Данный механизм позволяет принудительно поджимать (поднимать) (подкатной поддерживаюий мост) мост в порожнем состоянии и опускать его в рабочее положение при загрузке.

3. Тормозная система: ось оборудована рабочими барабанными тормозными механизмами, интегрированными в штатный двухконтурный пневматический тормозной привод автомобиля через клапан управления тормозами прицепа/полуприцепа, что сохраняет высокую эффективность торможения и устойчивость автопоезда.

4. Пневматическая система управления выравниванием давления в пневмобаллонах: автоматически регулирует давление в пневмобаллонах в зависимости от сигнала датчика загрузки ведущих мостов.

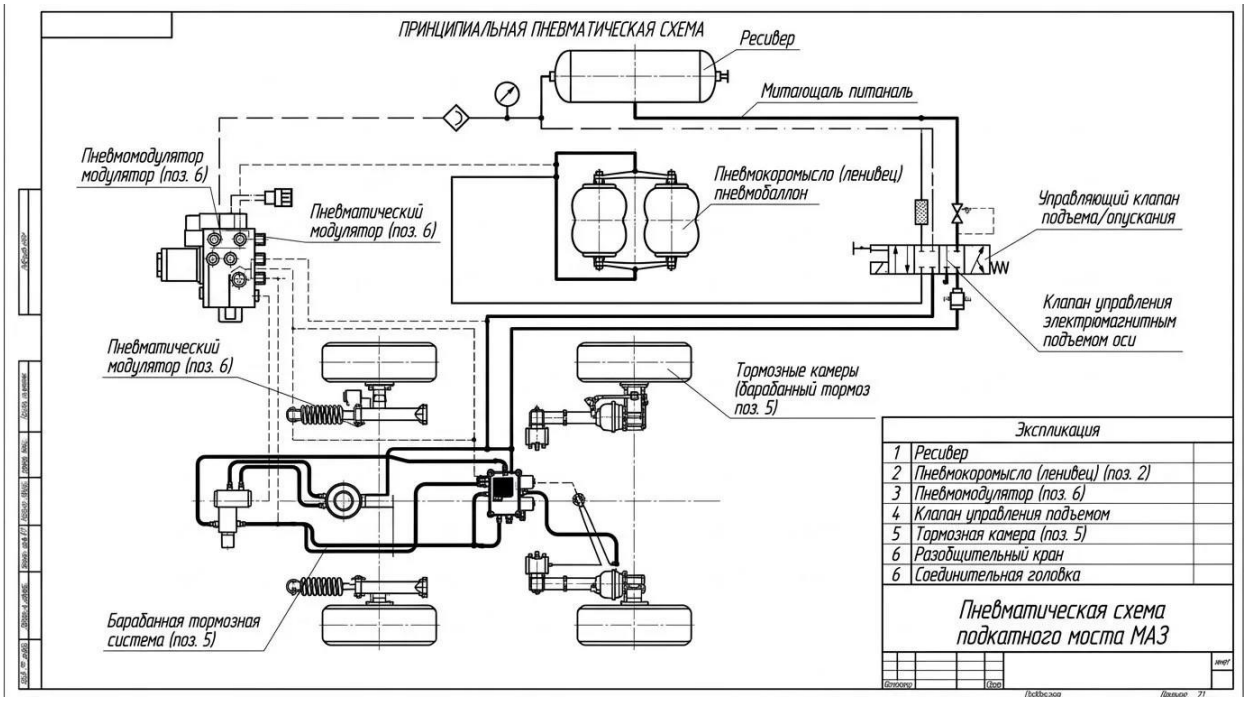


Рисунок 1 – Пневматическая принципиальная схема подкатного мостового модуля, разрабатываемого подкатного поддерживающего моста.

Для оценки эффективности модернизации сделан расчетно–теоретический анализ распределения нагрузок на основе расчета перераспределения масс по осям. Масса снаряженного автомобиля МАЗ–643028 составляет $m_0 = 10450$ кг, полная масса – $m_a = 33500$ кг.

В исходном исполнении (колесная формула 6х4) распределение полной массы по осям имеет следующий вид:

– нагрузка на переднюю ось: $F_{z1} = 7500$ кг ≈ 73,6 кН;

– нагрузка на заднюю тележку (два моста): $F_{z23} = 26000$ кг $\approx 255{,}1$ кН

Таким образом нагрузка составляет 13000 кг или 127,5 кН на каждый мост соответственно.

Согласно Постановлению Правительства РФ № 2200, предельно допустимая нагрузка на ось в составе трехходовой тележки для дорог первой категории составляет 85…100 кН (в зависимости от расстояния между осями). Следовательно, штатный автомобиль в груженом состоянии создает недопустимое перегружение дорожного полотна.

При установке подкатного поддерживающего моста колесная формула трансформируется в 8х4/2 (или 6х2 с подкатной осью). Дополнительный мост воспринимает часть вертикальной нагрузки F_{z4}.

Уравнение равновесия сил в вертикальной плоскости имеет вид:

$$m_a \cdot g = F_{z1} + F_{z2} + F_{z3} + F_{z4}$$

где F_{z1} – реакция на передней оси;

F_{z2}, F_{z3} – реакции на ведущих мостах;

F_{z4} – реакция на подкатном поддерживающем мосте;

g – ускорение свободного падения ($9{,}81$ м/с^2).

База автомобиля увеличивается за счет переноса крайнего опорного контура на величину $L_d = 1320$мм. Суммарный момент относительно передней оси определяется уравнением:

$$m_a \cdot g \cdot L_w = F_{z2} \cdot L_2 + F_{z3} \cdot L_3 + F_{z4} \cdot (L_3 + L_d)$$

где L_w – расстояние от передней оси до центра тяжести автомобиля;

L_2, L_3 – расстояния от передней оси до второго и третьего мостов соответственно.

Перераспределение давления в пневматических рессорах подвески (подкатного поддерживающего моста) позволяет регулировать силу F_{z4} в диапазоне от 0 (мост поднят) до 78,5 кН (8000 кг) в опущенном состоянии.

Результаты сравнительного расчета нагрузок представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Распределение массы и осевых нагрузок МАЗ–643028 до и после модернизации

Параметр	Штатная конфигурация (6*4)	Модернизированное шасси с опущенным (подкатным поддерживающим мостом)	Изменение, %
Нагрузка на переднюю ось, кН	73,6	71,2	–3,2
Нагрузка на 1–й ведущий мост, кН	127,5	92,1	–27,8
Нагрузка на 2–й ведущий мост, кН	127,5	92,1	–27,8
Нагрузка на подкатной мост, кН	–	73,3	–
Максимальная нагрузка на ось в тележке, кН	127,5	92,1	–27,8

Из данных таблицы 1 видно, что внедрение (подкатного поддерживающего моста) снижает нагрузку на наиболее нагруженные ведущие мосты на 27,8%, приводя их значения (92,1 кН) в полное соответствие с допустимыми нормами законодательства (100 кН).

Анализ эксплуатационной эффективности и функционирования системы пневмоподъемного коромысла построен на двух ключевых режимах:

1. Транспортный режим с полной загрузкой (подкатной поддерживающий мост опущен):

Сжатый воздух из пневматической системы через электропневматический распределитель подается в основные силовые пневмобаллоны подвески (подкатного поддерживающего моста). Рычаг коромысла поворачивается, опуская колеса до контакта с дорогой и создавая требуемое прижимное усилие. В результате снижается удельное давление шин на асфальтобетонное покрытие, уменьшается глубина образующейся колеи, повышается курсовая устойчивость транспортного средства.

2. Режим движения без груза или с частичной загрузкой (мост поднят – «ленивец»):

При отсутствии груза давление из несущих пневмобаллонов сбрасывается, а воздух подается в подъемный пневмоцилиндр механизмов коромысла. Ось поднимается над уровнем дорожного полотна на высоту 120…150 мм.

Применение подъемной оси в незагруженном состоянии обеспечивает:

– снижение сопротивления качению автомобиля на 12…15 %;

– сокращение расхода топлива дизельного двигателя на 2,1…2,8 л/100 км;

– предотвращение износа шин поддерживающего моста;

– улучшение маневренности (уменьшение радиуса поворота за счет исключения бокового увода шин дополнительной оси).

Интегрированная тормозная система (подкатного поддерживающего моста) оснащена регулятором тормозных сил, корректирующим давление в тормозных камерах пропорционально массе, воспринимаемой данной осью. Это исключает блокировку колес поддерживающего моста при экстренном торможении и гарантирует сохранение управляемости.

Заключение

1. Разработанная конструкция (подкатного поддерживающего моста) с жестким креплением к раме и пневмоподъемным коромысловым механизмом позволяет адаптировать шасси МАЗ–643028 к современным жестким ограничениям по осевым нагрузкам.

2. Внедрение (подкатного поддерживающего моста) обеспечивает снижение максимальной осевой нагрузки ведущей тележки с 127,5 кН до 92,1 кН (на 27,8 %), что полностью исключает превышение нормативных лимитов воздействия на опорную поверхность.

3. Наличие функции подъема (подкатного поддерживающего моста) при движении порожним обеспечивает экономию топлива до 15 % и существенно снижает износ протектора шин, что подтверждает высокую технико–экономическую и экологическую эффективность предложенной модернизации.

Список использованных источников

1. Белокуров, В.П. Повышение осевой нагрузочной способности и экологической безопасности грузовых автомобилей / В.П. Белокуров, И.В. Дьяков // Вестник транспорта. – 2019. – № 5. – С. 22–26. – EDN: XYZABC.

2. Высоцкий, М.С. Грузовые автомобили: проектирование и конструирование / М.С. Высоцкий, Ю.Ю. Беленький. – М.: Машиностроение, 2016. – 320 с. – EDN: QWEASD.

3. Горелов, В.А. Математическое моделирование движения многоосных колесных машин с учетом перераспределения осей / В.А. Горелов, О.И. Пащенко // Известия ВУЗов. Машиностроение. – 2021. – № 3(732). – С. 45–54. – EDN: RTYFGH.

4. Правила перевозок грузов автомобильным транспортом (утв. Постановлением Правительства РФ от 21.12.2020 № 2200) [Электронный ресурс]. – URL: https://base.garant.ru/75093340/ (дата обращения: 10.09.2026).

5. МАЗ–643028: Руководство по эксплуатации / ОАО «МАЗ». – Минск: Полымя, 2022. – 248 с.

MODERNIZING THE MAZ–643028 CHASSIS WITH A ROLLING SUPPORT AXLE TO REDUCE LOADS ON THE SUPPORT SURFACE

D.A. Gulyashov, A.A. Voynov

Penza State University,
Penza, Russia.

This article examines a design solution for upgrading the MAZ–643028 truck chassis by installing an additional rolling support axle. It describes the design of the rolling axle, equipped with a pneumatic lifting and lowering system with a rocker arm, as well as its own braking system. Calculations of axle load redistribution are provided, confirming the effective reduction of impact on the road surface and ensuring compliance with regulatory axle weight requirements.

Keywords: MAZ–643028 (rolling support axle), axle load, pneumatic lifting rocker, idler axle, chassis modernization, support surface.

УДК 656.07

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМ КОМПЛЕКСОМ

А.М. Дюсенов, Э.Ш. Ахметова

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

В статье рассматриваются актуальные направления совершенствования управления автотранспортным комплексом в условиях цифровизации, роста требований к безопасности и необходимости повышения ресурсной эффективности. Выделены приоритеты цифровой интеграции перевозок, управления на основе данных, экологизации и развития кадрового потенциала. Предложена система управленческих мер и показателей для оценки их результативности.

Ключевые слова: автотранспортный комплекс, управление, цифровизация, логистика, интеллектуальные транспортные системы, безопасность, устойчивое развитие.

Автотранспортный комплекс занимает важное место в экономике, обеспечивая перемещение пассажиров и грузов, доступность территорий и устойчивость производственных цепочек. Эффективность его работы определяется не только техническим состоянием транспортных средств и дорожной инфраструктуры, но и качеством управленческих решений: планированием маршрутов, распределением ресурсов, организацией технического обслуживания, контролем безопасности и взаимодействием участников перевозочного процесса. В условиях изменчивого спроса, роста затрат и цифровой трансформации традиционные административные методы управления требуют дополнения аналитическими и интеграционными инструментами.

Стратегические ориентиры развития отрасли задаются Транспортной стратегией Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года [1]. В числе значимых задач можно выделить повышение связанности территорий, качество транспортных услуг, технологическое обновление и безопасность. Для достижения этих целей управление автотранспортным комплексом целесообразно рассматривать как многоуровневую систему, в которой согласуются государственное регулирование, работа региональных органов власти, деятельность перевозчиков и интересы потребителей.

Цель настоящей статьи – определить перспективные направления управления автотранспортным комплексом и обосновать практические меры, позволяющие повысить экономическую, организационную и экологическую результативность перевозок. В качестве методов использованы системный анализ, обобщение научных публикаций и сравнительная оценка управленческих подходов. Работа носит аналитический характер; количественные эффекты предложенных мер требуют проверки на данных конкретных предприятий и регионов.

Одним из ключевых направлений является цифровизация управленческих процессов. Информационные системы позволяют объединять сведения о местоположении транспортных средств, загрузке маршрутов, расходе топлива, сроках доставки, состоянии узлов и обращениях клиентов. Однако внедрение отдельных программных продуктов само по себе не гарантирует повышения эффективности. Результат возникает тогда, когда данные используются для принятия решений, а информационные потоки совместимы между подразделениями и организациями. Поэтому приоритетом становится формирование единого цифрового контура: от заказа и планирования рейса до контроля исполнения, расчёта затрат и анализа отклонений.

Второе направление – управление перевозками на основе данных и показателей эффективности. Во многих организациях оценка работы по–прежнему сводится к объёму выполненных рейсов или общим расходам. Такой подход не позволяет увидеть причины потерь и сравнить альтернативные решения. Более полная система оценки должна включать коэффициент использования пробега, долю порожних рейсов, своевременность доставки, расход топлива на единицу транспортной работы, простой под погрузкой и выгрузкой, техническую готовность парка, частоту происшествий и удовлетворённость клиентов. Показатели следует анализировать совместно: сокращение времени доставки, например, не должно достигаться за счёт нарушения режима труда водителей или увеличения аварийных рисков.

Третье направление связано с оптимизацией маршрутов и повышением эффективности использования подвижного состава. Планирование должно учитывать не только расстояние, но и дорожную обстановку, временные окна доставки, ограничения по массе и габаритам, особенности груза, доступность пунктов обслуживания и вероятность задержек. Для грузовых перевозок значительный резерв может заключаться в снижении доли порожнего пробега, объединении совместимых заказов и согласовании обратных загрузок. Для пассажирских перевозок – в корректировке расписаний на основе фактического спроса и согласовании пересадок между видами транспорта.

Пятое направление – экологизация и энергоэффективность. Сокращение расхода топлива достигается за счёт технически исправного парка, рациональной загрузки, уменьшения холостого хода, обучения водителей экономичному вождению и качественного планирования маршрутов. При обновлении подвижного состава следует оценивать доступность зарядной или заправочной инфраструктуры, режим работы автомобиля, стоимость энергии и возможности сервисного обслуживания. Электрический и иной альтернативный транспорт может быть целесообразен на отдельных городских и регулярных маршрутах, но универсальный выбор технологии без анализа условий эксплуатации способен привести к дополнительным затратам.

Шестое направление – развитие кадрового потенциала и культуры безопасности. Цифровые инструменты повышают требования к компетенциям диспетчеров, логистов, механиков и руководителей подразделений. Сотрудникам необходимы навыки работы с данными, понимание алгоритмов планирова-

ния и способность интерпретировать рекомендации программных систем. Внедрение новых технологий должно сопровождаться обучением, обновлением должностных регламентов и определением ответственности за решения, принятые с использованием автоматизированных подсказок.

Седьмое направление – организационная интеграция участников перевозочного процесса. Даже хорошо оснащённое предприятие сталкивается с потерями, если перевозчик, грузоотправитель, склад и получатель обмениваются сведениями несвоевременно. Электронный документооборот, согласованные форматы данных и сквозное отслеживание заказа сокращают дублирование операций и ускоряют урегулирование спорных ситуаций. Для развития такой модели необходимы совместимые цифровые решения, регламенты обмена и защита коммерческой информации. При этом цифровой обмен не отменяет правовой значимости документов и установленных требований к перевозке.

Обобщённая система приоритетов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Перспективные направления совершенствования управления автотранспортным комплексом

Направление	**Основные инструменты**	**Ключевые показатели**
Цифровизация	Телематика, единая информационная среда	Доля рейсов под мониторингом; точность данных
Логистика	Оптимизация маршрутов и загрузки	Порожний пробег; своевременность доставки
Техническая готовность	Диагностика и обслуживание по состоянию	Простои; затраты на ремонт
Экологичность	Эко–вождение, обновление парка	Расход топлива; выбросы на единицу работы
Безопасность и кадры	Обучение, анализ рисков	Происшествия; прохождение обучения

Представленная система показывает, что перспективное управление автотранспортным комплексом должно строиться на сочетании цифровых решений, оптимизации процессов, технической надёжности, экологических требований и развития персонала. Отдельные мероприятия дают ограниченный результат, если не связаны общей системой целей и оценки эффективности. Например, телематика приносит пользу при наличии регламентов реагирования, а обновление автопарка – при учёте стоимости владения и реальных условий эксплуатации.

Таким образом, к приоритетным направлениям относятся: формирование единого цифрового контура управления; применение аналитики для планирования перевозок; снижение порожнего пробега и простоев; развитие обслуживания по фактическому состоянию; внедрение экологических критериев; повышение компетенций работников и укрепление культуры безопасности. Результативность этих мер следует оценивать по исходным и целевым показателям, фиксируя не только экономию затрат, но и качество, надёжность и безопасность перевозок. Конкретный набор решений должен определяться масштабом предприятия, видом перевозок и инфраструктурными условиями региона.

Список использованных источников

1. Махиянова А.В., Гарипова Е.Н. Принятие управленческих решений в современной экономической среде // Московский экономический журнал. 2023. Т. 8. № 10.

2. Махиянова А.В. Сбалансированное управление в менеджменте через призму гендерных факторов // Управленческий учет. 2023. № 10. С. 304–310.

3. Гадоев Д.К., Махиянова А.В. Управление рисками в менеджменте // Актуальные проблемы финансирования и налогообложения АПК в условиях глобализации экономики. Сборник статей X Всероссийской научно–практической конференции. Пенза, 2023. С. 40–42.

4. Сравнительный анализ способов мотивирования сотрудников российских и зарубежных компаний / Д.М. Шакирова, Д.Р. Баженов, К.А. Хайбрахманов [и др.] // Казанский экономический вестник. – 2022. – № 3(59).

5. Васильева, Е.А. Основные аспекты процесса принятия управленческих решений / Е.А. Васильева, Д.М. Шакирова // Экономика и управление: проблемы, решения. – 2025. – Т. 4, № 4(157). – С. 14–19.

6. Ибрагимова, А.А. Управления рисками в организациях в условиях неопределенности / А.А. Ибрагимова // Актуальные проблемы управления – 2022: Материалы 27–й Международной научно–практической конференции, Москва, 23–24 ноября 2022 года. Том 1. – Москва: Государственный университет управления, 2023. С. 143–145.

7. Ибрагимова, А.А. Трудовые ресурсы как эффективный инструмент в современной организации / А.А. Ибрагимова, Д.Д. Сергеева // Опыт и проблемы реформирования системы менеджмента на современном предприятии: тактика и стратегия: сборник статей XXII Международной научно–практической конференции, Пенза, 20–21 марта 2023 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2023. С. 524–527.

PROMISING DIRECTIONS IN THE MANAGEMENT OF THE MOTOR TRANSPORT COMPLEX

I.I. Dyussenov A.M., E.S. Akhmetova

Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia

The article examines current directions for improving the management of the motor transport complex amid digitalization, higher safety requirements, and the need to use resources more efficiently. It identifies priorities in digital integration of transportation, data–driven management, environmental performance, and workforce development. A set of managerial measures and indicators for evaluating their effectiveness is proposed.

Keywords: motor transport complex, management, digitalization, logistics, intelligent transport systems, safety, sustainable development.

УДК 629.33:621.43.068

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ НА ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

М.А. Ерёмин

Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассмотрены вопросы влияния технического состояния автомобильного двигателя на его эксплуатационные и экологические показатели и влияния состояния системы смазки, топливной аппаратуры и системы подачи воздуха на эффективность работы двигателя. Показана взаимосвязь технического состояния двигателя с расходом топлива и характеристиками отработавших газов. Обоснована необходимость комплексного контроля двигателя при техническом обслуживании автомобилей.

Ключевые слова: автомобильный двигатель, техническое состояние, расход топлива, отработавшие газы, экологические показатели, техническая диагностика, топливная аппаратура.

Надёжность и эффективность работы транспортного средства во многом зависит от того, в каком состоянии находится автомобильный двигатель. Со временем детали изнашиваются, сбиваются регулировки, а отдельные системы начинают работать хуже. Всё это постепенно меняет рабочие характеристики: расход топлива растёт, а экологические показатели ухудшаются.

Контроль технического состояния нужен не только для того, чтобы избежать внезапных поломок. Даже при сохранении работоспособности двигателя неисправность отдельных элементов может приводить к дополнительному расходу топлива и снижению эффективности рабочего процесса.

Важным диагностическим параметром является давление в системе смазки. Оно может меняться из–за износа деталей, проблем с масляным насосом или других неполадок в этой системе. В.В. Лянденбурский, А.Т. Кулаков, К.З. Кухмазов и В.В. Коновалов изучали возможность контроля технического состояния двигателя автомобилей КАМАЗ по давлению в системе смазки [4]. Результаты подтвердили: метод подтверждает возможность использования этого параметра при диагностировании без разборки двигателя.

Состояние смазочной системы критически важно для сохранения ресурса двигателя. Если масла подаётся недостаточно, трущиеся детали работают в тяжёлых условиях и изнашиваются быстрее, чем положено. Поэтому контроль давления масла целесообразно рассматривать как часть общей оценки технического состояния двигателя.

Сильное влияние на эксплуатационные характеристики оказывает состояние топливной аппаратуры. У дизельного двигателя параметры подачи топлива напрямую связаны с процессами смесеобразования и сгорания. Нарушение

может привести к увеличению расхода топлива и изменению состава отработавших газов.

А.П. Уханов, М.Д. Дубин и М.В. Рыблов исследовали вопросы двухфазного смесеобразования в тракторном дизеле и показали, насколько важно правильно организовывать образования топливовоздушной смеси для эффективных и экологических показателей двигателя [6]. Следовательно, исправность элементов топливной системы является важным условием сохранения характеристик двигателя.

Состояние системы подачи воздуха также оказывает непосредственное влияние на работу двигателя. Недостаточное поступление воздуха ухудшает условия сгорания топлива. Частая причина этого – грязный воздушный фильтр. К.Н. Башев, И.Р. Дасаев и М.Ш.М. Магомедов рассмотрели, как именно засорение фильтра сказывается на работе двигателя внутреннего сгорания [1].

К проблемам впуска стоит отнести и негерметичность соединений, и неисправности турбокомпрессора. Д.А. Галин, А.В. Козлов и Л.О. Круш разобрали причины поломок системы подачи воздуха на автомобиле Ford Transit с дизельным мотором Euro 5 [2]. По их мнению, неисправности элементов впуска – это фактор, который напрямую влияет на двигатель.

Таким образом, оценивая характеристику двигателя, нельзя игнорировать состояние топливной и воздушной систем. Их нарушение не всегда приводит к немедленной поломке, но постепенно ухудшает рабочий процесс.

Техническое состояние двигателя отражается и на экологии. К основным компонентам отработавших газов относятся оксид углерода, углеводороды и оксиды азота. Для дизельных двигателей важным критерием остаётся дымность.

Высокий уровень загрязнений в выхлопе опасен не только для природы, но и для людей. Сотрудники автотранспортных предприятий, водители и механики, которые постоянно рядом с работающими машинами, вдыхают загрязненный воздух. Наибольшую опасность представляют оксид углерода, оксиды азота и мелкодисперсные частицы: их длительное воздействие вредит дыхательной и сердечно–сосудистой системам [3, 7]. Поэтому исправный двигатель важен не только для экономичности и экологии, но и для безопасных условий труда при эксплуатации автопарка.

А.А. Ходяков и его коллеги исследовали токсичность бензинового двигателя и установили зависимость состава отработавших газов от режима его работы [5]. Это показывает, что экологические показатели определяются не только техническим состоянием, но и условиями эксплуатации двигателя.

Главным индикатором проблем с дизелем, как и говорилось выше, часто становится дымность. Она способна резко изменяться при нарушении работы топливной аппаратуры, ухудшении подачи воздуха и процесса сгорания. Поэтому контроль дыма может быть полезен не только для чистоты окружающей среды, но и как точный диагностический маркер.

Эксплуатационные и экологические показатели двигателя взаимосвязаны. При ухудшении технического состояния возрастает вероятность увеличения

расхода топлива и изменения состава отработавших газов. При этом один показатель не всегда позволяет установить причину неисправности. Поэтому при диагностике необходимо учитывать совокупность признаков.

Для автотранспортных предприятий контроль технического состояния двигателей имеет особое значение. При эксплуатации большого количества автомобилей даже небольшое ухудшение экономичности отдельных машин приводит к дополнительному расходу топлива и увеличению экологической нагрузки. Регулярное техническое обслуживание позволяет выявлять неисправности в системах смазки, питания и воздушной подачи на ранней стадии.

Таким образом, техническое состояние двигателя следует рассматривать как ключевой фактор его надёжности, экономичности и экологической безопасности. Только комплексный мониторинг основных систем позволяет своевременно выявлять неисправности и поддерживать автомобиль в работоспособном состоянии.

Список использованных источников

1. Башев, К.Н. Оценка влияния засорённого автомобильного воздушного фильтра на работу двигателя внутреннего сгорания / К.Н. Башев, И.Р. Дасаев, М.Ш.М. Магомедов // Проблемы экспертизы в автомобильно–дорожной отрасли. – 2024. – № 2(11). – С. 3–13. – EDN OIPHLN.

2. Галин, Д.А. Анализ причин отказов системы подачи воздуха автомобиля Ford transit с дизельным двигателем Euro 5 / Д.А. Галин, А.В. Козлов, Л.О. Круш // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2024. – № 5. – С. 84–91. – DOI 10.31857/S0235711924050106. – EDN NTLXFK.

3. Карпунина, К.С. Вредные и опасные условия труда / К.С. Карпунина, И.А. Воронова // Инновационные идеи молодых исследователей для агропромышленного комплекса: Сборник материалов Всероссийской научно–практической конференции, Пенза, 28–29 марта 2024 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2024. – С. 226–230. – EDN TZULCQ.

4. Контроль технического состояния двигателя по давлению в системе смазки автомобилей КАМАЗ / В.В. Лянденбурский, А.Т. Кулаков, К.З. Кухмазов, В.В. Коновалов // Нива Поволжья. – 2022. – № 4(64). – С. 3001. – DOI 10.36461/NP.2022.64.4.003. – EDN CSRVKP.

5. Токсичность бензинового двигателя для средств малой механизации / А.А. Ходяков, С.В. Хлопков, Д.В. Истомин [и др.] // Вестник Российского университета дружбы народов. Серия: Инженерные исследования. – 2023. – Т. 24, № 2. – С. 187–195. – DOI 10.22363/2312–8143–2023–24–2–187–195. – EDN BRGJST.

6. Уханов, А.П. Двухфазное смесеобразование в тракторном дизеле: концепция технического решения / А.П. Уханов, М.Д. Дубин, М.В. Рыблов // Нива Поволжья. – 2020. – № 2(55). – С. 117–123. – DOI 10.36461/NP.2020.2.55.018. – EDN GQRPJG.

7. Шельмаков, В.Н. Влияние вредных производственных факторов на человека и защита от них / В.Н. Шельмаков, И.А. Воронова // Города России: проблемы строительства, инженерного обеспечения, благоустройства и эколо-

гии: Сборник статей XXIV Международной научно–практической конференции, Пенза, 30–31 марта 2022 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 93–95. – EDN BKHYBH.

EFFECT OF THE TECHNICAL CONDITION OF AN AUTOMOTIVE ENGINE ON ITS ENVIRONMENTAL AND OPERATIONAL PERFORMANCE

M.A. Eremin

Penza State Agrarian University
Penza, Russia

The article considers the influence of the technical condition of an automotive engine on its operational and environmental performance. The effects of the lubrication system, fuel equipment and air supply system are discussed. The relationship between technical condition, fuel consumption and exhaust gas characteristics is analyzed. The necessity of comprehensive engine monitoring during vehicle maintenance is substantiated.

Keywords: automotive engine, technical condition, fuel consumption, exhaust gases, environmental performance, diagnostics, fuel equipment.

УДК 629.331.083:621.43

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ

М.А. Ерёмин

Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассматривается вопрос повышения качества диагностики автомобильных двигателей интеллектуальным мониторингом. Показаны ограничения периодического технического осмотра и преимущества постоянного наблюдения за диагностическими параметрами. Рассмотрены возможности использования встроенных систем самодиагностики и электронных блоков управления для раннего выявления развивающихся неисправностей. Предложен общий подход к обработке данных, который учитывает не только текущие значения параметров, но и характера их изменения во времени.

Ключевые слова: автомобильный двигатель, техническое состояние, техническая диагностика, интеллектуальный мониторинг, электронная система управления, неисправность, прогнозирование

Техническое состояние автомобильного двигателя напрямую влияет на надёжность, экономичность и безопасность эксплуатации автомобиля. В процессе работы детали неизбежно изнашиваются, сбиваются регулировочные параметры, а топливная и воздушная системы теряют свое первоначальное состояние. Редко первые отклонения кажутся незначительными и не проявляются в виде явной неисправности, но со временем именно они способны привести к полному отказу двигателя.

Одним из способов повышения эффективности технической эксплуатации является улучшение методов диагностики. Традиционная диагностика выполняется через определённые интервалы эксплуатации и позволяет оценить состояние автомобиля в момент проведения контроля. Однако во время диагностирования техническое состояние двигателя продолжает изменяться. Следовательно, неисправность, возникшая после проведения диагностики, может оставаться незамеченной до следующего технического обслуживания.

Современные автомобили оборудованы электронными системами управления, которые получают данные с датчиков и используют их для настройки работы двигателя. Встроенные средства фиксируют отклонения параметров и сохраняют эту информацию. Темой применения такой встроенной диагностики двигателей занимались В.В. Ляненбурский, М.В. Нефедов и Р.Р. Сейфетдинов. Авторы указывают, что применение встроенных средств контроля позволяет ускорить поиск неисправностей и сократить время простоя автомобиля [3].

В отличие от традиционного подхода, интеллектуальный мониторинг предполагает постоянное наблюдение за параметрами двигателя непосредственно во время его эксплуатации. Анализируется не просто текущее значение какого–то показателя, но и то, как оно меняется со временем.

Для мониторинга обычно берут температуру охлаждающей жидкости, частоту оборотов коленчатого вала, расход воздуха, параметры топливной системы, давление во впуске, а также сигналы датчиков электронных систем управления и прочие показатели. Точный набор зависит от конструкции двигателя и возможностей его бортовой системы.

Важным условием достоверной диагностики является анализ нескольких параметров. Одно и то же отклонение может быть вызвано различными причинами. Например, нестабильная работа двигателя на холостом ходу может быть связана с системой питания, зажиганием или поступлением воздуха. Поэтому принятие решения только по одному диагностическому признаку может привести к ошибке.

Особое значение имеет анализ устойчивого изменения параметров. Кратковременное отклонение может быть связано с переходным режимом или изменением нагрузки и не свидетельствовать о неисправности. Если же изменение повторяется при схожих условиях эксплуатации, вероятность наличия развивающейся неисправности возрастает.

Исследования подтверждают: эксплуатационные параметры действительно могут служить индикатором технического состояния двигателя. Ф.Р. Сафин и А.Р. Валиев проводили длительное диагностирование дизельного двигателя с

электронно–управляемой топливной аппаратурой. Было установлено, что по мере роста наработки меняются и ключевые показатели – удельный расход топлива и механический КПД [4].

Таким образом, изменение рабочих параметров может рассматриваться как дополнительный источник информации о процессе старения и изнашивания двигателя. При этом диагностическая система должна учитывать не только абсолютное значение параметра, но и направление его изменения.

В качестве примера можно рассмотреть температуру охлаждающей жидкости. Однократное повышение температуры при движении с высокой нагрузкой не обязательно должно свидетельствовать о неисправности. Однако, если температура систематически ползёт вверх при сопоставимых режимах – это может указывать на ухудшение теплоотвода и необходимость проверки системы охлаждения.

Тот же принцип работает и с расходом воздуха, и с параметром топливоподачи. Их постепенное изменение может быть связано с загрязнением элементов системы, нарушением регулировок или ухудшением технического состояния отдельных узлов.

Дополнительным источником диагностической информации являются параметры работы системы впуска. В частности, Д.А. Галин, А.В. Козлов и Л.О. Круш при изучении дизельного двигателя автомобиля Ford Transit Euro 5 анализировали, как на функционирование системы подачи воздуха влияют такие проблемы, как отказы турбокомпрессора или потеря герметичности в патрубках и интеркулере [2].

Состояние воздушного фильтра также оказывает влияние на работу двигателя. Загрязнение фильтрующего элемента увеличивает сопротивление движению воздуха и ухудшает условия наполнения цилиндров. Исследование К.Н. Башева, И.Р. Дасаева и М.Ш.М. Магомедова посвящено оценке влияния состояния воздушного фильтра на работу ДВС (двигателя внутреннего сгорания) [1].

При построении интеллектуального мониторинга логично разделять несколько состояний двигателя. В нормальном режиме контролируемые параметры находятся в предельных значениях. Предупредительное состояние наступает, когда фиксируется устойчивая тенденция к изменению одного или нескольких показателей. Критическое состояние означает, что данные указывают на высокую вероятность поломки или делают дальнейшую эксплуатацию опасной.

Основной принцип работы системы строится на последовательном сборе данных, их обработке и сравнении с эталонными значениями. После выявления устойчивого отклонения формируется предупреждение для водителя или специалиста по техническому обслуживанию. Далее проводится дополнительная диагностика соответствующего узла.

Такой подход смещает фокус с периодической проверки на непрерывный контроль за состоянием двигателя. В результате решение о техническом обслуживании может приниматься не только по пробегу автомобиля, но и исходя из реального состояния агрегатов.

Следует отметить, что интеллектуальный мониторинг не заменяет традиционную диагностику. Его задача состоит в раннем обнаружении подозрительных изменений и выборе момента, когда требуется более подробная проверка. Это особенно важно для неисправностей, которые развиваются постепенно и на начальной стадии не приводят к отказу двигателя.

Таким образом, интеллектуальный мониторинг технического состояния двигателя является перспективным направлением совершенствования автомобильной диагностики. Его применение способствует повышению своевременности технического обслуживания, снижению риска внезапных отказов и повышению эксплуатационной надёжности автомобилей.

Список использованных источников

1. Башев, К.Н. Оценка влияния засорённого автомобильного воздушного фильтра на работу двигателя внутреннего сгорания / К.Н. Башев, И.Р. Дасаев, М.Ш.М. Магомедов // Проблемы экспертизы в автомобильно–дорожной отрасли. – 2024. – № 2(11). – С. 3–13. – EDN OIPHLN.

2. Галин, Д.А. Анализ причин отказов системы подачи воздуха автомобиля Ford transit с дизельным двигателем Euro 5 / Д.А. Галин, А.В. Козлов, Л.О. Круш // Проблемы машиностроения и надежности машин. – 2024. – № 5. – С. 84–91. – DOI 10.31857/S0235711924050106. – EDN NTLXFK.

3. Лянденбурский, В.В. Встроенная система диагностирования бензиновых двигателей / В.В. Лянденбурский, М.В. Нефедов, Р.Р. Сейфетдинов // Интернет–журнал Науковедение. – 2014. – № 3(22). – С. 113. – EDN STRJPL.

4. Сафин, Ф.Р. Оперативное диагностирование двигателей с электронно–управляемой топливной аппаратурой / Ф.Р. Сафин, А.Р. Валиев // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2024. – № 2(106). – С. 155–160. – DOI 10.37670/2073–0853–2024–106–2–155–160. – EDN YFQJAS.

INTELLIGENT MONITORING OF THE TECHNICAL CONDITION OF AN AUTOMOTIVE ENGINE FOR EARLY FAULT DETECTION

M.A. Eremin

Penza State Agrarian University,
Penza, Russia

The article examines how intelligent monitoring can improve the quality of automotive engine diagnostics. It highlights the limitations of periodic technical inspections and the advantages of continuous monitoring of diagnostic parameters. The potential for using onboard self–diagnostic systems and electronic control units to detect developing faults at an early stage is discussed. A general data processing approach is proposed that takes into account not only current parameter values but also the nature of their changes over time.

Keywords: automotive engine, technical condition, diagnostics, intelligent monitoring, fault, on–board diagnostics, maintenance.

УДК 621.983:629.33

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ФОРМОВКА АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ

И.В. Касьянова

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

В статье рассматривается электромагнитная (магнитно–импульсная) формовка как способ изготовления и соединения деталей из алюминиевых сплавов для облегчённых кузовов и узлов трансмиссии автомобиля. Показано, как высокоскоростной характер деформирования влияет на напряжённо–деформированное состояние заготовки и почему у ряда сплавов растёт предельная деформируемость. Обсуждаются ограничения технологии, связанные со стойкостью индукторов и энергозатратами, и условия, при которых она выгодна в серийном производстве.

Ключевые слова: электромагнитная формовка, магнитно–импульсная сварка, алюминиевые сплавы, высокоскоростное деформирование, облегчение кузова, индуктор, деформируемость.

Снижение массы автомобиля остаётся одним из главных направлений развития отрасли. Для машин с двигателем внутреннего сгорания оно связано с требованиями к выбросам. Для электромобилей лёгкий кузов позволяет увеличить запас хода или поставить батарею меньшей ёмкости. Алюминиевые сплавы широко применяются в навесных панелях, силовых элементах и подрамниках. Однако при комнатной температуре они заметно хуже стали поддаются вытяжке и формовке сложного рельефа. Пружинение у них выше, а трещины на малых радиусах появляются раньше.

Электромагнитная формовка (ЭМФ) решает часть этих проблем за счёт особого режима нагружения, так деформирование длится десятки микросекунд, а заготовка разгоняется до скоростей порядка сотни метров в секунду и более [1–3]. Метод известен с середины прошлого века, и в отечественной школе он хорошо описан как магнитно–импульсная обработка металлов. Интерес автомобилестроителей к нему вернулся вместе с массовым переходом на алюминий и мультиматериальные конструкции.

Батарея конденсаторов разряжается через индуктор, расположенный рядом с заготовкой. Импульсный ток в индукторе создаёт быстро меняющееся магнитное поле, а оно наводит в электропроводной заготовке вихревые токи противоположного направления [4–6]. При взаимодействии этих токов с полем возникает отталкивающее давление, которое в пике достигает сотен мегапаскалей. Получается, что заготовку нагружает само поле, без пуансона и без механического контакта. Именно поэтому важна электропроводность материала. Алюминий подходит для метода почти идеально, а низкопроводящие стали ча-

сто приходится обрабатывать через так называемый спутник, то есть проводящую прокладку, которая толкает основную заготовку.

Главная технологическая особенность ЭМФ заключается в высоких скоростях деформации, при этом в классической листовой штамповке они на несколько порядков ниже.

Инерция материала препятствует развитию локальной шейки: участок, который начал утоняться, просто не успевает «оторваться» от соседних зон. Удар о матрицу создаёт в зоне контакта сжимающие напряжения по толщине, а это заметно меняет схему напряжённого состояния в сторону более благоприятной. Кроме того, при импульсном нагружении почти исчезает трение по поверхности инструмента, характерное для вытяжки пуансоном. Для практики важно одно следствие: прирост деформируемости реализуется главным образом при ударе о матрицу. При свободной формовке без контакта он выражен значительно слабее.

С точки зрения анализа напряжённо–деформированного состояния ЭМФ является сопряжённой задачей, в которой связаны электромагнетизм, механика и теплообмен. Её удобно решать в пакетах с электромагнитным модулем, например LS–DYNA или COMSOL. Распространённые в отечественной практике QForm и Deform не моделируют импульсное магнитное поле напрямую. Тем не менее их можно использовать на втором этапе: давление, рассчитанное в электромагнитной модели, задаётся как граничное условие, после чего оценивается деформированное состояние, утонение и остаточные напряжения. Для корректного расчёта нужны кривые упрочнения при высоких скоростях деформации, полученные, например, на разрезном стержне Гопкинсона. Квазистатические кривые здесь дают заниженную оценку сопротивления деформированию.

Не менее перспективна вторая ветвь технологии, то есть соединение деталей. При магнитно–импульсной обжимке алюминиевую трубу обжимают по стальному или алюминиевому наконечнику с канавками и получают прочное геометрическое замыкание без сварки и нагрева. Так изготавливают элементы рулевых тяг, стойки, детали кондиционерных магистралей и трубчатые элементы пространственных рам.

При магнитно–импульсной сварке подвижная деталь ударяет по неподвижной под небольшим углом со скоростью в несколько сотен метров в секунду. В зоне соударения образуется кумулятивная струя, которая очищает поверхности от оксидов. Металлы соединяются в твёрдой фазе, а граница раздела приобретает характерную волнистую форму. Для пары алюминий–сталь это особенно ценно, так как при сварке плавлением в такой паре образуются хрупкие интерметаллиды, а здесь их слой оказывается очень тонким или прерывистым. В промышленности метод уже используется для изготовления карданных валов с алюминиевой трубой и стальными вилками. Соединения разнородных листов для кузова пока находятся на стадии внедрения.

Экономика ЭМФ строится на противоречии между дешёвой оснасткой и дорогим источником энергии. Нужна только матрица, роль пуансона выполняет поле. Это снижает затраты на оснастку и сроки её изготовления, что особенно

заметно в мелкосерийном производстве, при выпуске запасных частей и в прототипировании. Сварка и обжимка обходятся без расходных материалов, защитных газов и последующей термообработки. Кроме того, процесс легко автоматизировать, а продолжительность самого импульса пренебрежимо мала.

Основная статья расходов связана с индуктором. Он работает в условиях одновременных механических и тепловых нагрузок, а его стойкость при высоких энергиях может составлять от сотен до десятков тысяч импульсов в зависимости от конструкции. Поэтому стоимость операции, отнесённую к одной детали, корректнее считать с учётом амортизации катушки, а не только самой установки. По этой же причине технология выгоднее всего на локальных операциях с небольшой зоной нагружения, где ресурс индуктора высок. Ещё одно ограничение связано с безопасностью и электромагнитной совместимостью: высоковольтное оборудование требует экранирования и отдельного регламента обслуживания. Наконец, метод почти не применим к материалам с низкой проводимостью без спутников, а при больших толщинах растёт требуемая энергия.

Список использованных источников

1. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Изд. 2–е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 278 с.

2. Ковка и штамповка: Справочник. В 4–х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с.

3. Иванов К.М., Звонцов И.Ф., Серебреницкий П.П. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения. М.: Лань, 2018. 696 с.

4. Деменко В.Ф. Разработка и внедрение метода расчета процесса магнитно–импульсной раздачи трубчатых деталей JIA: Автореф. дис. канд. техн. наук. Харьков: ХПИ, 1983. – 18 с.

5. Бочарова Ю.А. Машиностроение. В 40–а томах. Том IV Машины и оборудование кузнечно–штамповочного и литейного производства / Ю.А. Бочарова. М.: Машиностроение, 2005. 711 с.

6. Дудин А.А., Карпухин В.Ф., Лысенко Д.И. Магнитно–импульсная сварка маталлов // Технология и оборудование для импульсной обработки металлов давлением / Казань, 1977. С. 90 – 92.

ELECTROMAGNETIC FORMING OF ALUMINUM PARTS AND JOINTS IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

I.V. Kasyanova

Tula State University,
Tula, Russia

The article discusses electromagnetic (magnetic pulse) molding as a method of manufacturing and joining aluminum alloy parts for lightweight car bodies and transmission components. It is shown how the high–speed nature of deformation af-

fects the stress–strain state of the workpiece and why the ultimate deformability increases in a number of alloys. The limitations of the technology related to the resistance of inductors and energy consumption, and the conditions under which it is advantageous in mass production are discussed.

Keywords: electromagnetic forming, magnetic pulse welding, aluminum alloys, high–speed deformation, body relief, inductor, deformability.

УДК 621.793

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА

О.А. Кибаров, Н.Ю. Логинов, Д.Е. Салабаев, С.И. Ярыгин

Тольяттинский государственный университет,
г. Тольятти, Россия

В статье проанализированы методы повышения износостойкости режущих инструментов, приведена их классификация. Подробно рассмотрен вопрос о нанесении износостойких покрытий методом ионно–плазменной обработки. Приводятся количественные показатели повышения стойкости.

Ключевые слова: износостойкость, режущий инструмент, ионно–плазменная обработка.

Период времени работы металлорежущего инструмента между переточками называют стойкостью. Она зависит от множества факторов, таких как материал режущей части, технология изготовления, геометрия заточки, условия контакта инструмента с заготовкой. В каждом конкретном случае обработки режимы резания подбирают так, чтобы стойкость была экономически выгодной.

Обычно величину стойкости выбирают из справочников. В них обобщён опыт многих заводов. Но в этих справочниках она привязана в первую очередь к марке инструментального материала. В случае поставки на производство новых материалов, таких как жаропрочные сплавы, тугоплавкие сплавы, композиты нередко справочные материалы несут неверную информацию о стойкости, и инструмент выходит из строя быстрее. Поэтому инженеры ищут различные способы продления жизненного цикла режущего инструмента.

Сегодня методы упрочнения режущего инструмента можно разбить на четыре большие группы:

– деформационные;
– термические и термохимические;
– поверхностное легирование;
– нанесение покрытий (гальваника, CVD, PVD).

За счёт деформации стойкость удаётся поднять максимум вдвое. Правда, при высоких температурах резания наклёпанный слой расслабляется, поэтому этот метод повышения стойкости применим ограниченно. Термообработка позволяет увеличить стойкость в 1,2–2 раза, но тут имеются другие нюансы: высокие температуры могут покоробить инструмент и изменить его размеры. Легирование поверхности – метод более эффективный, при нем стойкость вырастает в 2–5 раз. Однако, упрочнённый слой получается очень тонким (не толще 0,1 мм), да и оборудование стоит дорого и сложно в настройке. Наиболее действенный способ повышения стойкости – нанесение покрытий. При этом стойкость увеличивается в 1,7–4 раза [1]. Рассмотрим более подробно методы нанесения покрытий, поскольку они являются наиболее гибкими и эффективными.

На рисунке 1 представлена классификация методов повышения стойкости режущего инструмента, применяемых в современном машиностроении.



Рисунок 1 – Классификация методов упрочнения режущего инструмента

Деформационное упрочнение основано на создании в поверхностном слое наклёпа (повышенной плотности дислокаций). Применяется обкатывание роликами, дорнирование, дробеструйная обработка. Преимущества данных методов: простота, низкая стоимость, возможность обработки на обычном оборудовании. Недостатки: нестабильность свойств при нагреве, малая глубина упрочнённого слоя (до 0,2 мм).

Важным направлением повышения стойкости режущего инструмента является также применение комбинированных методов упрочнения, сочетающих предварительную химико–термическую обработку с последующим нанесением PVD–покрытий. Как отмечается в работе [2], такая комбинация позволяет не только повысить твёрдость поверхности, но и сформировать градиентный переходный слой, снижающий концентрацию остаточных напряжений на границе раздела «покрытие–основа».

Известно, что предварительное азотирование быстрорежущей стали Р6М5 перед нанесением покрытия *TiAlN* способно увеличить адгезионную прочность в 1,3–1,5 раза и повысить сопротивление усталостному разрушению [3]. Наибо-

лее рациональным при этом является двухстадийный процесс: сначала ионное азотирование при температуре 450–500 °С в течение 2–3 часов, затем нанесение PVD–покрытия без промежуточного охлаждения, что позволяет сохранить мелкозернистую структуру азотированного слоя и обеспечить когерентную связь между покрытием и основой.

Одним из способов регулирования свойств покрытия является управление химическим составом и структурой нижнего и среднего слоев. Так, применение в качестве нижнего слоя *TiN* толщиной 0,1–0,2 мкм перед нанесением основного верхнего слоя из TiAlN позволяет снизить остаточные растягивающие напряжения между слоями. Такой же эффект возможен при формировании среднего слоя с постепенным увеличением содержания азота.

Такой инструмент наиболее эффективен при работе в условиях ударных нагрузок (фрезерование, прерывистое точение), где отслоение покрытия является наиболее частой причиной выхода из строя инструмента.

Одним из перспективных методов повышения эффективности ионно–плазменных покрытий является предварительная ионно–лучевая обработка поверхности под покрытие. Имплантация ионов металлов титана, хрома и молибдена позволяет создать в поверхностном слое быстрорежущих сталей наноструктурированную систему с повышенной твёрдостью и улучшенной адгезией к последующему покрытию [4]. Глубина улучшенного слоя составляет 0,1–0,3 мкм, что сопоставимо с толщиной покрытия, и обеспечивает плавный переход свойств от основы к покрытию. Применение предварительной ионно–лучевой обработки перед нанесением покрытия из TiN на быстрорежущую сталь Р6М5 увеличивает адгезионную прочность в 1,8 раза по сравнению с процессом без предварительной обработки.

Многослойные покрытия, такие как *TiAlN/CrN*, имеют периодическое изменение модуля упругости по толщине, что повышает трещиностойкость покрытия.

Нанокомпозитные покрытия, такие как *(Ti,Al)N*, осаждённые вакуумно–дуговым методом, имеют размер зерен 10–30 нм и твердость до 45 ГПа [5]. При этом пластичность покрытий сохраняется на достаточно высоком уровне, что позволяет избежать выкрашивания режущей кромки при прерывистом резании. Нанокомпозитные покрытия, нанесенные методами PVD, характеризуются мелкозернистостью, что обеспечивает повышенную износостойкость.

В результате выполненного обзора наилучшие результаты по износостойкости показали нанокомпозитные и многослойные покрытия, нанесенные методами PVD. Предварительная подготовка поверхности перед нанесением покрытий дает положительный эффект.

Список использованных источников

1. Даньков А.В., Береговский В.В., Арутюнова И.Ф., Комаров Н.В. Методика расчета коэффициента отслоения вакуумных износостойких покрытий и его корреляция с адгезионной прочностью, полученной на скретч–тестере // Известия высших учебных заведений. Порошковая металлургия и функциональные покрытия. – 2015. – № 2. – С. 47–52.

2. Комаров Ф.Ф., Ковальчук А.В., Константинов С.В., Пилько В.В. Получение и свойства покрытий TiAlN на стали // Ползуновский альманах. – 2014. – № 2. – С. 10–15.

3. Созина Т.О., Плыснина В.А., Созина О.И. Проектирование многослойного покрытия TiAlN–TiN–TiAlN с высокими трибологическими свойствами // Вестник ПНИПУ. Машиностроение, материаловедение. – 2022. – Т. 24, № 1. – С. 21–27.

4. Гаврилов Н.В., Емлин Д.Р., Буреев О.А. Использование ионно–лучевого ассистирования в технологии нанесения высокотвёрдых износостойких покрытий ионно–плазменным методом // Институт электрофизики УрО РАН. – 2003.

5. Григорьев С.Н., Табаков В.П., Волосова М.А. Технологические методы повышения износостойкости контактных площадок режущего инструмента. – Старый Оскол: ТНТ, 2011. – 379 с.

RESEARCH INTO METHODS FOR IMPROVING THE WEAR RESISTANCE OF CUTTING TOOLS

O.A. Kibarov, N.Y. Loginov, D.E. Salabaev, S.I. Yarygin

Togliatti State University,
Togliatti, Russia

The article analyzes methods for increasing the wear resistance of cutting tools and provides their classification. The issue of applying wear–resistant coatings using ion–plasma treatment is examined in detail. Quantitative indicators of increased durability are presented.

Keywords: wear resistance, cutting tool, ion–plasma treatment

УДК 625.71

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Е.В. Ким

Казанский государственный архитектурно–строительный университет,
г. Казань, Россия

Проанализирована взаимосвязь между технологическими параметрами строительного процесса, характеристиками применяемых материалов и формированием эксплуатационных свойств дорожной конструкции. Описаны основные методы диагностики.

Ключевые слова: лесная автомобильная дорога, строительство дорог, контроль качества, дорожное покрытие, диагностика.

Лесная автомобильная дорога представляет собой сложное инженерное сооружение, состояние которого формируется под воздействием значительного количества взаимосвязанных факторов, к которым, в первую очередь, относят характеристики грунтов земляного полотна, конструкция дорожной одежды, свойства используемых дорожно–строительных материалов, качество выполнения технологических операций, параметры транспортного потока, осевые нагрузки лесовозных автомобилей, температурно–влажностный режим.

И для лесных дорог влияние перечисленных выше факторов особенно существенно вследствие специфики условий их строительства и эксплуатации. Получается, что качество строительства в таких условиях непосредственно определяет будущую работоспособность дороги, а нарушения, допущенные на стадии возведения земляного полотна, устройства основания или покрытия, в дальнейшем проявляются в виде ускоренного развития эксплуатационных дефектов.

Формирование требуемых транспортно–эксплуатационных характеристик начинается с подготовки земляного полотна. Его устойчивость является одним из определяющих условий надежности всей дорожной конструкции, а неоднородность грунта, недостаточная степень его уплотнения, повышенная влажность, нарушение проектного поперечного профиля или неудовлетворительное устройство водоотвода способны привести к значительным деформациям даже при использовании качественных материалов вышележащих слоев. По этой причине технический контроль при строительстве должен обеспечивать получение объективной информации о геометрических параметрах земляного полотна, влажности и плотности грунта, характеристиках основания и соответствии фактического положения конструктивных слоев проектным требованиям.

Традиционно качество уплотнения определяется посредством отбора проб, лабораторных испытаний и точечных полевых измерений плотности и влажности, которые дают достаточно достоверную информацию, однако характеризуют только ограниченную область вокруг точки контроля.

Но при значительной протяженности дороги возникает проблема репрезентативности результатов, и даже при удовлетворительных значениях в отдельных контрольных точках между ними могут существовать локальные участки недостаточного уплотнения. В дальнейшем именно такие участки способны стать очагами развития деформаций. В связи с этим существенный интерес представляет развитие непрерывных методов контроля.

Первое – это то, что современные дорожные катки могут оснащаться измерительными системами, регистрирующими динамическую реакцию уплотняемого материала на воздействие вибрационного рабочего органа. Анализ изменения параметров взаимодействия вальца и слоя позволяет косвенно оценивать изменение его жесткости в процессе выполнения проходов, в результате чего оператор получает возможность контролировать не отдельные точки, а практически всю площадь обрабатываемой поверхности. Также использование спут-

никового позиционирования дополнительно позволяет регистрировать количество проходов катка и формировать карту уплотнения.

Также важно учитывать и геометрию дороги, так как отклонения продольного и поперечного профиля способны не только ухудшать условия движения, но и нарушать поверхностный водоотвод. При чем, для лесных автомобильных дорог последнее обстоятельство является особенно существенным, так как застой воды на проезжей части или обочинах, нарушение отвода атмосферных осадков и поступление влаги в конструктивные слои приводят к снижению их прочностных характеристик. В связи с этим геодезический контроль высотных отметок, поперечных уклонов и положения отдельных элементов должен осуществляться на различных стадиях строительства.

Традиционные геодезические приборы сохраняют значение при выполнении подобных работ, однако развитие электронных тахеометров, спутниковых навигационных систем и лазерного сканирования существенно расширяет возможности строительного контроля. То есть, если классические измерения позволяют получить координаты отдельных контрольных точек, то современные сканирующие системы способны формировать пространственную модель поверхности.

Также и ровность дорожного покрытия оказывает непосредственное влияние на скорость и безопасность движения, динамическое взаимодействие автомобиля и дорожной конструкции, расход топлива, износ транспортного средства и производительность транспортирования древесины.

Наиболее простые методы определения ровности основаны на использовании контрольных реек и других механических приспособлений.

В отечественной практике для оценки ровности использовались толчкомеры, принцип действия которых основан на регистрации суммарных вертикальных перемещений элементов автомобиля при движении по обследуемому участку. И тут чем значительнее неровности поверхности, тем больше вертикальные перемещения кузова и подвески транспортного средства. Однако результат измерений толчкомером зависит не только от профиля поверхности, но и от скорости движения, характеристик подвески, состояния шин и других параметров автомобиля, поэтому для сопоставимости результатов необходимо строго соблюдать установленную методику измерений и контролировать техническое состояние измерительного транспортного средства.

Дальнейшим развитием методов оценки ровности стало использование профилометрических систем, позволяющих непосредственно определять продольный профиль покрытия. В современных мобильных комплексах применяются лазерные датчики расстояния совместно с инерциальными измерительными системами, так как использование цифрового профиля дает существенно больше информации, чем один интегральный показатель.

Другой важнейшей характеристикой является прочность, или несущая способность, дорожной одежды, так как даже удовлетворительная ровность поверхности не свидетельствует о достаточной прочности конструкции, ведь

ослабленный нижележащий слой может в течение определенного времени не иметь выраженных внешних проявлений.

Оценка несущей способности основывается на определении реакции дорожной конструкции на заданное силовое воздействие: чем меньше жесткость системы при сопоставимой нагрузке, тем больше возникающий прогиб.

Для измерений применяются статические и динамические методы.

Статическое нагружение позволяет определять деформационные характеристики конструкции, но характеризуется сравнительно небольшой производительностью.Динамическое воздействие позволяет в определенной степени моделировать нагрузку, возникающую при прохождении колеса грузового автомобиля. Измерения выполняются в отдельных точках, после чего оборудование перемещается на следующий участок.

Современным развитием данного подхода являются дефлектометры падающего груза. В таких установках контролируемая импульсная нагрузка передается на поверхность дорожной конструкции, а несколько датчиков регистрируют прогиб на различных расстояниях от центра приложения нагрузки, в результате чего определяется так называемая чаша прогиба. И тут анализ ее параметров позволяет получить значительно больше информации о работе дорожной конструкции, чем измерение прогиба только в одной точке.

Также из наиболее важных характерных последствий недостаточной несущей способности и устойчивости дорожной конструкции является образование колеи. Колейность может оказать комплексное отрицательное воздействие на эксплуатационные характеристики дороги: изменяется поперечный профиль, ухудшается водоотвод, в углублениях накапливается вода, возникают дополнительные трудности при управлении транспортным средством. Кроме того, развитие колеи свидетельствует о происходящих в конструкции деформационных процессах, поэтому ее следует рассматривать не только как геометрический дефект поверхности, но и как диагностический признак состояния дорожной одежды.

Простейшим способом определения глубины колеи является измерение с использованием рейки и линейки. Для массового обследования более эффективны лазерные и ультразвуковые системы. Измерительные датчики размещаются поперек движения лаборатории и регистрируют расстояние до поверхности в нескольких точках. На основании полученных значений восстанавливается поперечный профиль.

Также современные лазерные сканеры обеспечивают получение значительно более плотного массива точек, чтобы создавать трехмерную модель дорожной поверхности, по которой могут определяться глубина, ширина и площадь колеи, поперечный уклон, состояние кромок проезжей части и другие параметры. При повторном сканировании одного участка появляется возможность количественно определить скорость развития деформаций.

Но при использовании мобильных лабораторий на лесных автомобильных дорогах необходимо учитывать специфические условия их эксплуатации, так как транспортное средство должно обладать достаточной проходимостью,

измерительная аппаратура – сохранять работоспособность при значительной вибрации, запыленности и изменении температуры, а система регистрации данных – работать автономно при отсутствии устойчивой мобильной связи.

Дополнительные возможности для контроля создают беспилотные летательные аппараты, ведь с помощью аэрофотосъемки можно оценивать состояние протяженных участков, выявлять размывы, повреждения откосов, нарушения водоотвода и состояние прилегающей территории. Фотограмметрическая обработка изображений позволяет получать цифровые модели рельефа. При этом наличие плотного лесного полога способно ограничивать возможности оптической съемки, поэтому беспилотные системы должны рассматриваться как дополнение к наземным методам, а не как их полная замена.

А для исследования внутренней структуры дорожной конструкции перспективным является георадиолокационный контроль. Георадарные методы основаны на регистрации отражения электромагнитных импульсов от границ сред с различными электрофизическими свойствами. При соответствующей обработке данных можно получать информацию о толщине слоев, неоднородностях и отдельных зонах изменения влажности.

В заключение, при выборе технических средств необходимо учитывать экономическую эффективность их применения. Например, на первом уровне могут использоваться визуальное обследование, спутниковое позиционирование, видеорегистрация и акселерометрические датчики. А уже на втором уровне выполняются инструментальные измерения ровности, колейности и несущей способности, а на наиболее сложных участках применяются георадары, лазерное сканирование, подробные геодезические исследования и лабораторный анализ материалов.

Список использованных источников

1. Бурмистрова, О.Н. Факторы, влияющие на эксплуатационное состояние лесных автомобильных дорог / О.Н. Бурмистрова, С.А. Король, М.А. Михеевская // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. – 2014. – Т. 2, № 2–3(7–3). – С. 37–41. – DOI 10.12737/3183

2. Орлов, Е.А. Управление качеством строительства автомобильных дорог / Е.А. Орлов, И.А. Кутлияров // Вопросы науки 2026: Сборник статей Международной научно–практической конференции, Пенза, 17 апреля 2026 года. – Пенза: Наука и Просвещение, 2026. – С. 231–234.

TECHNICAL MEANS OF QUALITY CONTROL OF CONSTRUCTION AND OPERATIONAL CONDITION OF FOREST HIGHWAYS

E.V. Kim

Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Kazan, Russia

The relationship between the technological parameters of the construction process, the characteristics of the materials used and the formation of the operational

properties of the road structure is analyzed. The main diagnostic methods are described.

Keywords: forest highway, road construction, quality control, road surface, diagnostics.

УДК 629.114.7

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ–11183 КОРОТКОБАЗНОГО РОДСТЕРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОГО ПУСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПУТЁМ УСТАНОВКИ ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА

С.В. Клочков, С.В. Суменков, А.А. Войнов

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

Статья раскрывает принцип модернизации системы охлаждения двигателя внутреннего сгорания транспортного средства с возможностью облегченного запуска при низких температурах для эксплуатации в зимних условиях.

Ключевые слова: теплоаккумулятор, двигатель внутреннего сгорания, кран отопителя салона, радиатор отопителя салона, низкая температура, пуск двигателя, охлаждающая жидкость.

Холодный пуск двигателя внутреннего сгорания при отрицательных температурах неизбежно сокращает его срок службы. Зимнее время года остаётся одним из наиболее тяжёлых режимов эксплуатации автомобиля. При отрицательных температурах возникают две главные проблемы:

– Масляное голодание**:** из–за резкого загустения масла (в 5–10 раз) детали двигателя после старта работают практически «на сухую». Загустевшее масло не успевает смазать детали в первые секунды работы.

– Снижение пусковых характеристик: при температуре ниже – 20 °С падает эффективность аккумуляторной батареи, что влечет за собой перегрузку стартера. Частота вращения коленчатого вала при прокрутке оказывается недостаточной для устойчивого воспламенения смеси и запуска двигателя.

Конструкция родстера оказывает существенное влияние на теплопотери. Из–за отсутствия заводских теплоизоляционных экранов и открытой компоновки моторного отсека, силовой агрегат подвергается интенсивному обдуву встречным потоком воздуха. Это приводит к тому, что мотор теряет рабочую температуру гораздо стремительнее, чем в обычных автомобилях.

В качестве базового варианта оснащения выбран двигатель внутреннего сгорания ВАЗ–11183. Это классический восьмиклапанный мотор с четырьмя цилиндрами объемом 1,6 литра. Ранее мотор являлся стандартным для линейки Lada Kalina. Основные технические характеристики двигателя ВАЗ–11183 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Технические характеристики двигателя ВАЗ–11183

Параметр	Значение
Число и расположение цилиндров	4, рядное
Рабочий объём, л	1,596
Диаметр цилиндра × ход поршня, мм	82 × 75,6
Степень сжатия	9,6–10
Номинальная мощность	60 кВт (82 л.с.) при 5200–5600 об/мин
Максимальный крутящий момент	120 Н·м при 2500–2700 об/мин
Рабочая температура, объём системы охлаждения	≈95 °С; 7,8 л

В конструкции предусмотрена закрытая система жидкостного охлаждения с принудительной циркуляцией. Пока двигатель не прогрет, поток антифриза ограничен малым контуром, который включает рубашку охлаждения, насос и радиатор печки. При достижении 85 °С срабатывает термостат, перенаправляя часть антифриза в основной радиатор для интенсивного охлаждения. Для корректной работы системы и поглощения излишков расширяющейся при нагреве жидкости в схему включен расширительный бачок.

Для повышения надежности, технологичности и безопасности пуска двигателя, а также минимизации износа мотора при холодном запуске и сокращения времени прогрева ДВС, целесообразно применить принцип накопления и рециркуляции тепловой энергии.

Предлагаемое решение состоит во включении в штатную жидкостную систему охлаждения параллельного контура теплового аккумулятора (ТА).

Состав контура:

– теплоаккумулятор объёмом 6 л – цилиндрический резервуар с вакуумным пространством между стенками. Рассчитан на рабочее давление не менее 0,15 МПа, с предохранительным клапаном и датчиком температуры;

– электронасос прокачки (ЭН) с рабочим напряжением 12 В, производительностью 12–20 л/мин, током потребления 5–8 А;

– два электромагнитных клапана (К1 – магистраль заряда, К2 – магистраль разряда), нормально закрытые;

– электронный контроллер, который отслеживает температуру охлаждающей жидкости по данным датчика;

– соединительные шланги диаметром 16 мм, тройники врезки, обратный клапан, для исключения циркуляции в режиме хранения.

Алгоритм работы системы включает три режима.

Режим накопления теплоты. После прогрева двигателя до 90–95 °С контроллер по команде водителя открывает клапан К1 и включает электронасос. Горячая жидкость постепенно перекачивается из ГБЦ в теплоаккумулятор. При этом вытесняя из него холодный антифриз в нижнюю магистраль системы. По окончании заполнения клапаны закрываются, контур отсекается.

Режим хранения. Клапаны К1 и К2 закрыты, что исключает саморазряд аккумулятора через соединительные магистрали. Теплоаккумулятор обеспечивает медленное остывание.

Режим разряда. Перед пуском по команде водителя контроллер открывает К2 и включает электронасос. Горячая жидкость из теплоаккумулятора прокачивается в головку блока цилиндров, при этом вытесняя охлаждённую жидкость обратно в аккумулятор. Процесс занимает 2–3 минуты. Следовательно, двигатель запускается уже частично прогретым.

Энергия, запасенная в 6 кг охлаждающей жидкости, остывающей с 95 °С до 60 °С за 12 часов стоянки при внешней температуре −25 °С, рассчитывается по формуле $Q = c \cdot m \cdot \Delta T$. При удельной теплоемкости 3,5 кДж/(кг·К) общее количество тепла составляет около 1575 кДж. С учетом КПД системы передачи тепла (0,65–0,7), на прогрев элементов двигателя (блока цилиндров и ГБЦ) расходуется 1000–1100 кДж. Суммарная масса этих деталей составляет 50–60 кг при удельной теплоемкости 0,5 кДж/(кг·К). Это обеспечивает повышение их температуры на 15–20 °С.

Принципиальная схема модернизированной системы охлаждения приведена на рисунке 1.

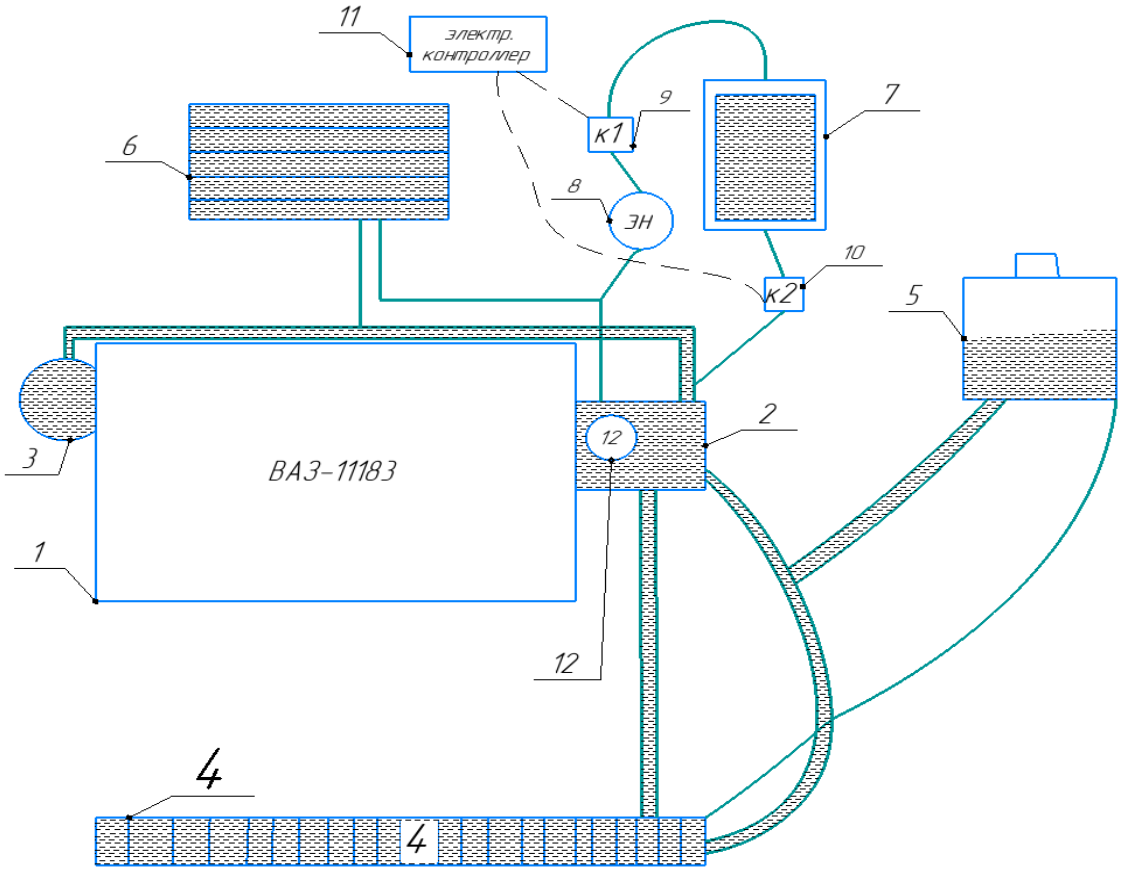


Рисунок 1 – Принципиальная схема системы охлаждения двигателя ВАЗ–11183 с контуром теплоаккумулятора: 1 – двигатель; 2 – термостат; 3 – водяной насос; 4 – радиатор; 5 – расширительный бачок; 6 – отопитель салона; 7 – теплоаккумулятор; 8 – электронасос; 9, 10 –электромагнитные клапаны; 11 – электронный контроллер; 12 – датчик температуры ОЖ

Данная система накопления и рециркуляции тепла не является единственным решением для эксплуатации автомобиля в зимний период. Однако её внедрение позволяет осуществлять холодный пуск двигателя без использования

специализированных парковочных мест. При этом обеспечивает соблюдение эксплуатационных норм и продлевая срок службы силового агрегата.

Список использованных источников

1. Колчин А.И., Демидов В.П. Расчёт автомобильных и тракторных двигателей. – М.: Высшая школа, 2008. – 496 с.

2. Вахламов В.К. Конструкция и расчёт автотранспортных средств. – М.: Академия, 2011. – 560 с.

3. Отопители и подогреватели автомобилей // ВЛГАВТО. – URL: https://vlgavto.ru/article/otopiteli–i–podogrevateli.html (дата обращения: 03.10.2026).

4. Двигатель ВАЗ 11183: характеристики и описание. – URL: https://motors–vaz.ru/vaz11183.html.

MODERNIZATION OF THE COOLING SYSTEM OF THE VAZ–11183 ENGINE OF A SHORT–BASED RODSTER TO ENSURE RELIABLE STARTING IN WINTER BY INSTALLING A HEAT ACCUMULATOR

S.V. Klochkov, S.V. Sumenkov, A.A. Voinov

Penza State University,
Penza, Russia

The article reveals the principle of modernization of the cooling system of the internal combustion engine of a vehicle with the possibility of an easy start at low temperatures for operation in winter conditions.

Keywords: heat accumulator, internal combustion engine, cabin heater faucet, cabin heater radiator, low temperature, engine start, coolant.

УДК 004.021

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ

А.Ю. Клюшин

Тверской государственный технический университет,
г. Тверь, Россия

В данной статье показано, что в транспортной системе России основное количество транспортных средств приходится на автомобильный транспорт. Доступ к безопасным и качественным транспортным услугам на основе внедрения интеллектуальных систем с применением нейросетевых методов в транспортных задачах определяет эффективность работы и развития производства, бизнеса и социальной сферы.

Ключевые слова: транспортная система, бизнес–процессы, интеллектуальные транспортные системы, нейросети, безопасность движения

В современных условиях транспортные системы (ТС) городов и государств отличаются [1]:

– существенным ростом количества информации;

– потребностью в улучшении результативности, защищённости и экологичности ТС;

– стремительным совершенствованием нейросетевых архитектур (к примеру, свёрточных моделей для изображений, рекуррентных и трансформеров для временных последовательностей, графовых нейросетей для описания дорожной инфраструктуры, а также обучающих алгоритмов для задач управления).

Эти тенденции расширяют перспективы в сфере транспортного управления, однако требуют соответствующих инструментов для обработки и применения данных.

Так, благодаря цифровым технологиям повсеместно внедряются датчики и телематические приборы, накапливается огромный массив сведений – от счётчиков трафика и GPS–треков до видеопотоков с камер наблюдения и информации из систем диспетчеризации перевозок [2].

С целью повышения безопасности движения, сокращения заторов и роста качества перевозок активно используются интеллектуальные транспортные системы (ИТС).

Снижение затрат, например, за счёт цифровизации с применением нейросетей в сфере пассажирских перевозок, несёт не только социальный, но и экономический эффект.

Развитие ИТС (рис. 1) считается одним из ведущих направлений обновления транспортной сферы и формирует технологическую базу для дальнейшего внедрения искусственного интеллекта и нейронных сетей [3].

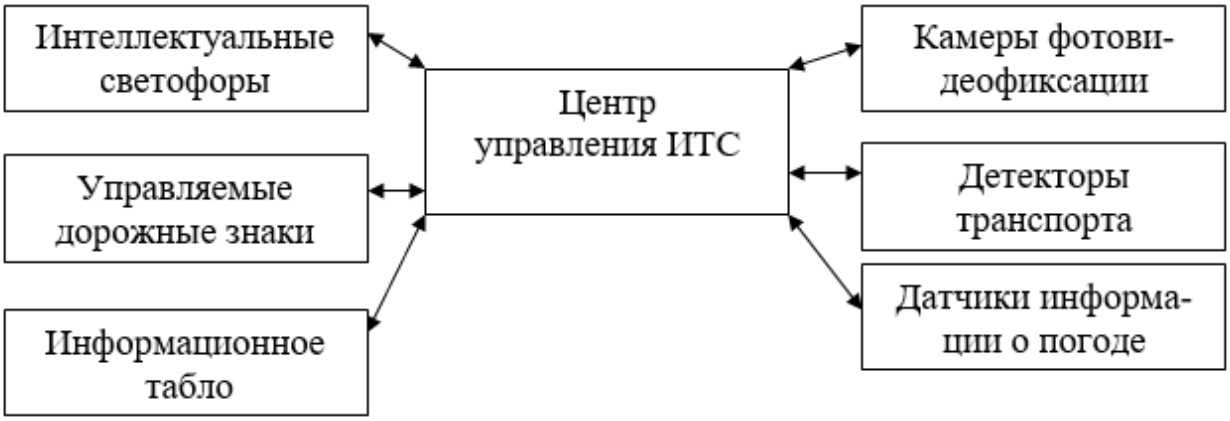


Рисунок 1 – Развитие ИТС

Таким образом, ИТС представляют собой объединение информационно–коммуникационных технологий, автоматизированных средств, транспортной

инфраструктуры, транспортных средств и их пользователей с целью повышения безопасности и улучшения организации дорожного движения.

В настоящее время развитие «умных» дорог с использованием ИТС стимулируется национальным проектом «Безопасные и качественные автомобильные дороги РФ», который предусматривает приведение дорожной сети в нормативное состояние и уменьшение количества опасных участков.

Транспортные процессы выстраиваются для установления функциональных взаимосвязей между всеми видами перемещений в системе. Поскольку функционирование транспортной системы носит вероятностный характер (возможны заторы, простои), участники движения вынуждены адаптироваться. Такая адаптация увеличивает надежность работы всех элементов системы, что способствует устойчивости организации транспортных процессов.

Ниже описан ключевой бизнес–процесс ИТС, основанный на нейронных сетях и направленный на обеспечение БДД [4].

– Сбор информации с камер и радаров о скорости, количестве транспортных средств и аварийных ситуациях для передачи в центр управления дорожным движением (ЦУДД).

– Обработка полученных данных с нормализацией моделей машинного обучения для последующего анализа.

– Анализ и прогнозирование с помощью нейросетей: предсказание заторов (LSTM–сети) и классификация рисков ДТП (библиотека XGBoost).

– Принятие решений: при аварийном сценарии информация передается в ГИБДД, водители оповещаются, а через ЦУДД возможно регулирование фаз светофоров.

– Моделирование дорожной обстановки в системах SUMO или PTV Vissim с пересчетом маршрутов через TraCIAPI для поиска оптимального решения.

– Оценка результативности, эффективности и подготовка отчетов.

Графическое представление данного бизнес–процесса, выполненное в нотации BPMN, показано на рис. 2.

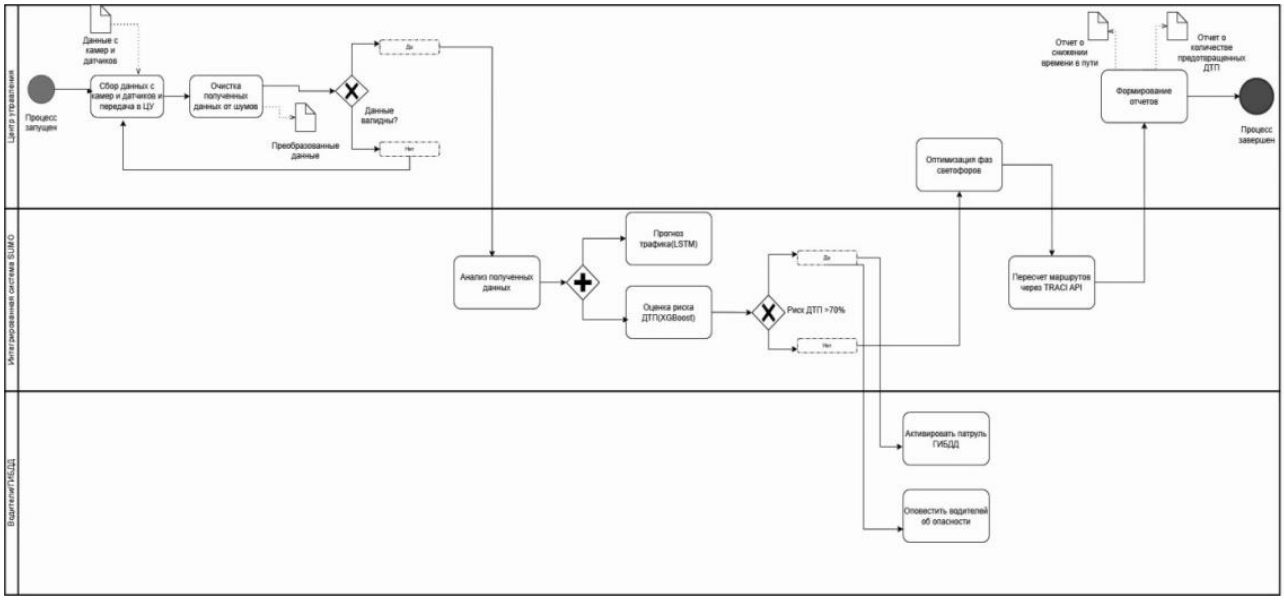


Рисунок 2 – BPMN–схема (диаграмма) бизнес–процесса ИТС по организации БДД

Таким образом, для органов власти, градостроителей и коммерческих структур ключевой задачей становится внедрение умных систем, позволяющих оперативно реагировать на изменения и принимать решения в режиме реального времени.

В связи с этим требуется комплексное применение нейросетевых подходов в решении транспортных задач, а также оценка их сильных сторон и возможных ограничений.

Стоит подчеркнуть, что городская транспортная система способна эффективно работать лишь при условии плотного взаимодействия с прочими городскими инфраструктурами.

Интеллектуальные транспортные системы представляют собой наглядный пример коллективного поведения участников. Именно коллективное поведение выступает существенным фактором, определяющим закономерности работы транспортного комплекса.

При этом процессы самоорганизации формируют несколько уровней устойчивого функционирования, которые выстраиваются в иерархию коллективной адаптации с разной степенью временной стабильности.

В итоге транспорт является самостоятельной сферой материального производства, обеспечивающей нормальное функционирование экономики в целом.

Очевидно, что без транспортной отрасли, особенно в условиях внедрения интеллектуальных систем на базе нейронных сетей, невозможно поддерживать экономические связи и гарантировать стабильную работу хозяйственного механизма.

Список использованных источников

1. Вельможин А.В., Гудков В.А., Миротин Л.Б. Теория транспортных процессов и систем: учебник для вузов. М.: Транспорт. 1998. 167 с.

2. Бураков М.В. Нейронные сети и нейроконтроллеры: учеб. пособие. СПб.: ГУАП. 2013. 284 с.

3. Власов А.А. Адаптивные системы управления дорожным движением в городах: монография. Пенза: ПГУАС. 2012. 183 с.

4. Воронин В.В. Нейронные сети: модели и алгоритмы. М.: Физматлит. 2020. 256 с.

DEVELOPMENT OF INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS BASED ON NEURAL NETWORKS

A.Yu. Klyushin

Tver State Technical University,
Tver, Russia

This article demonstrates that road transport accounts for the majority of vehicles within Russia's transport system. Access to safe, high–quality transport services– facilitated by the implementation of intelligent systems utilizing neural network

methods – determines the operational efficiency and development of industry, business, and the social sector.

Keywords: transport system, business processes, intelligent transport systems, neural networks, traffic safety.

УДК 004.021

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧАХ

А.Ю. Клюшин, А.Ю. Смирнов

Тверской государственный технический университет, г. Тверь, Россия

В данной статье содержится актуализированный материал по применению интеллектуальных и нейросетевых методов в транспортных задачах. Рассмотренные подходы позволяют учитывать инновационные и цифровые факторы при планировании и управлении транспортными процессами, что актуально для задач анализа и оптимизации интеллектуальных транспортных систем.

Ключевые слова: транспортная система, бизнес–процессы, интеллектуальные транспортные системы, нейросети, транспортные задачи.

Сегодня интеллектуальные системы, включая нейросетевые подходы, активно внедряются в сферу транспортных услуг. Это напрямую влияет на эффективность производственных процессов, бизнеса и социальной инфраструктуры.

Увеличение количества автомобилей, интенсивность движения и усложнение логистических схем ведут к снижению пропускной способности дорог, росту времени в пути, повышению расхода энергии и вредных выбросов, а также к увеличению аварийности.

В реальных условиях транспортные задачи становятся всё более сложными.

К ним относятся: оптимизация маршрутов, управление потоками, пассажирские и грузовые перевозки, складская логистика, безопасность и мониторинг [1].

Приведем классические методы решения транспортных задач (до эпохи искусственного интеллекта и в настоящее время) [2].

Линейное программирование – для задач распределения ресурсов.

Графовые алгоритмы (алгоритм Дейкстры, Беллмана–Форда) – для нахождения кратчайших путей.

Эвристики и метаэвристики (генетические алгоритмы, муравьиные колонии, имитация отжига) – для сложных задач маршрутизации.

Математическая статистика – для прогнозирования пассажиропотоков и спроса.

Классические методы часто сталкиваются с проблемами масштабируемости (при росте числа транспортных узлов задачи становятся вычислительно непосильными), динамичности (плохо учитывают изменяющиеся условия, например, пробку, возникшую внезапно) и сложности обработки мультимодальных данных (современные транспортные системы генерируют мультимодальные данные GPS, видео, сенсоры, которые плохо укладываются в простые математические модели). Это стало причиной перехода к нейронным сетям, которые позволяют работать с данными в реальном времени, учитывать нелинейные зависимости, адаптироваться к изменениям и анализировать сложные типы информации [3].

Нейросети позволяют: обрабатывать данные в реальном времени; учитывать нелинейные зависимости между факторами; адаптироваться к динамическим изменениям дорожной ситуации; анализировать сложные типы данных – изображения, временные ряды, графы.

Искусственные нейронные сети (ИНС) – это математические модели, вдохновлённые принципами работы нервной системы человека.

Настоящий прорыв произошёл с развитием многослойных сетей и алгоритма обратного распространения ошибки (backpropagation) в 1980–е гг., что позволило обучать глубокие сети (deeplearning). Сегодня глубокие нейронные сети стали основой для компьютерного зрения, анализа данных и транспортных приложений.

Рассмотрим, какие виды нейросетей оптимальны для различных типов транспортных данных [4].

1. Полносвязные сети (Multilayer Perceptron, MLP). Используются для несложных прогнозов, например, оценки спроса на такси в городе. Каждый нейрон связан со всеми нейронами предыдущего слоя. Ограничения: плохо работают с комплексными данными, такими как изображения или временные ряды.

2. Сверточные сети (Convolutional Neural Networks, CNN). Суть: применение сверток для извлечения признаков из изображений. В транспорте: распознавание знаков, обнаружение машин и людей на видео, оценка состояния дорожного полотна (выбоины, разметка). Пример: зрение автономных автомобилей.

3. Рекуррентные сети (Recurrent Neural Networks, RNN) и LSTM. Отличительная черта: наличие «памяти», которая учитывает порядок данных. В транспорте: прогнозирование заторов по временным рядам, анализ последовательностей GPS–координат, предсказание спроса на общественный транспорт. Варианты: LSTM и GRU справляются с проблемой «затухающего градиента» и эффективны при долгосрочных зависимостях.

4. Трансформеры. Принцип: механизм внимания, который выделяет ключевые элементы последовательности. В транспорте: долгосрочные прогнозы пассажиропотоков, анализ мультимодальных данных (например, GPS, метео, расписания). Преимущество: трансформеры постепенно вытесняют RNN в области прогнозирования временных рядов.

5. Графовые нейронные сети (Graph Neural Networks, GNN). Ключевая особенность: информация организована в виде графа, где вершины соединены

рёбрами. Использование в транспортной сфере: моделирование дорожной инфраструктуры (узлы – перекрёстки, связи – участки дорог); предсказание трафика на транспортных сетях; оценка и оптимизация логистических маршрутов. Пример: GNN помогают создавать адаптивные навигационные сервисы.

6. Обучение с подкреплением (Reinforcement Learning, RL). Суть метода: система или агент взаимодействует с окружением, получая положительное вознаграждение за удачные действия и отрицательное за ошибки. Применение в транспорте: регулирование работы светофоров для сокращения пробок; управление автономными транспортными средствами; динамическое планирование грузовых маршрутов. К примеру, DeepMind использует RL–алгоритмы для улучшения движения в рамках концепции «умных городов».

Возможности нейросетей при решении транспортных задач [5].

Обработка больших объёмов данных. Модели обучаются на значительных массивах информации: от данных GPS до видеопотоков с множества камер.

Поиск неочевидных закономерностей. В отличие от традиционных подходов, основанных на линейных связях, нейросети выявляют сложные нелинейные зависимости.

Оперативное прогнозирование. Анализ потоковых данных позволяет предвидеть загрузку дорог и уровень спроса на перевозки.

Объединение разнородных данных. Нейросети способны комбинировать временные ряды, изображения, текстовую информацию и графовые структуры.

Гибкость и адаптация. Модели могут переобучаться при появлении новых сведений, учитывая изменения внешних факторов, таких как сезонные колебания пассажиропотока.

В будущем ожидается расширение применения нейросетей в транспортной отрасли, особенно в связке с концепцией «умных городов» и интернетом вещей.

Со временем они станут основным инструментом для управления транспортными системами и организации ежедневных перевозок.

Список использованных источников

1. Решение сложных задач коммивояжера методами функциональных гибридных интеллектуальных систем / А.В. Колесников [и др.]. М.: ИПИ РАН. 2011. 295 с.

2. Власов А.А. Адаптивные системы управления дорожным движением в городах: монография. Пенза: ПГУАС. 2012. 183 с.

3. Воронин В.В. Нейронные сети: модели и алгоритмы. М.: Физматлит. 2020. 256 с.

4. Хайкин С. Нейронные сети: полный курс. М.: Вильямс. 2018. 1104 с.

5. Scott J. Public acceptance of autonomous vehicle technologies: attitudes, behaviors, and intentions of users // Contemporary Readings in Law and Social Justice. 2020. Т. 12. No 1. P. 23–29.

APPLICATION OF INTELLIGENT AND NEURAL NETWORK METHODS TO TRANSPORT PROBLEMS

A.Yu. Klyushin, A.Yu. Smirnov

Tver State Technical University,
Tver, Russia

This article presents up–to–date information on the application of intelligent and neural network methods to transport problems. The approaches discussed enable the consideration of innovative and digital factors in the planning and management of transport processes, which is relevant for the analysis and optimization of intelligent transport systems.

Keywords: transport system, business processes, intelligent transport systems, neural networks, transport problems.

УДК 004.021

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ

А.Ю. Клюшин

Тверской государственный технический университет,
г. Тверь, Россия

В данной статье показано применение нейросетей, лучше подходящих для разных типов транспортных данных. Приведенные методы позволяют анализировать сложные транспортные системы и прогнозировать их поведение в различных условиях. Это является важной теоретической основой для применения интеллектуальных и нейросетевых методов на транспорте.

Ключевые слова: интеллектуальные транспортные системы, нейросети, транспортные задачи, безопасность движения.

Ключевая особенность интеллектуальных транспортных систем (ИТС) состоит в том, что управляющие сигналы формируются автоматически или при минимальном участии человека в реальном времени, обычно с наличием обратной связи, позволяющей непрерывно передавать данные о состоянии объектов в управляющий блок. Поэтому главный вектор развития ИТС, особенно в сфере перевозок, связан с динамическими системами, включая решения на базе нейросетей [1–3].

Приведем необходимость применения нейросетей в ИТС [4].

1. Прогнозирование трафика. Одна из ключевых задач – оценка будущей интенсивности движения на участке дороги или перекрёстке. Исходными данными служат сведения о загрузке за прошлые периоды, показания датчиков, видеопоток с камер и GPS–данные.

Используемые подходы:

RNN и LSTM – для обработки временных последовательностей трафика.

Трансформеры – дают более точные результаты при долгосрочных прогнозах.

GNN – представляют дорожную сеть как граф и учитывают пространственные взаимосвязи.

Пример: система предсказания заторов на базе GNN сокращает среднее время поездки на 10–15 % и снабжает навигационные сервисы актуальными данными.

Практическая ценность: снижение затрат времени за счёт выбора обходного маршрута, улучшение работы такси, уменьшение выбросов CO_2 из–за меньшего простоя в пробках.

2. Оптимизация маршрутов. Задача маршрутизации транспорта (VRP) в городских условиях усложняется из–за пробок и жёстких сроков доставки.

Для её решения используют нейросети: обучение с подкреплением (RL) помогает агенту выбирать пути, сокращая время и издержки. Гибридные системы, сочетающие нейросети и графовые алгоритмы, сначала строят базовый маршрут (например, по Дейкстре), а затем корректируют его в реальном времени.

Примеры: службы экспресс–доставки применяют такие модели для оптимизации развоза с учётом трафика и графиков клиентов, что снижает логистические расходы на 12 %.

3. Управление общественным транспортом. Эффективность работы автобусов и метро зависит от правильного планирования рейсов. Нейросети здесь помогают: RL адаптирует расписания, сокращая ожидание и повышая заполняемость, а анализ данных с валидаторов и камер позволяет корректировать интервалы движения автоматически.

Прогнозирование пассажиропотока на LSTM и трансформерах предсказывает число пассажиров в зависимости от времени суток, дня недели и сезона. Это позволяет добавлять транспорт в часы пик и убирать лишние рейсы в периоды низкого спроса.

4. Логистика и грузоперевозки. Это капиталоёмкая сфера, где нейросети дают ощутимую выгоду.

Основные направления: управление запасами на складах, прогноз спроса на перевозки, маршрутизация грузовиков с учётом пробок и временных окон, а также снижение порожних пробегов.

Используются CNN и компьютерное зрение для автоматической инвентаризации и контроля загрузки, LSTM и трансформеры для планирования поставок, а RL – для распределения транспорта в реальном времени. Компании применяют эти методы для ускорения обработки заказов и организации мультимодальных перевозок (море, ж/д, авто).

5. Беспилотный транспорт. Ярким примером использования нейросетей в транспортной сфере считается создание полностью автономных машин.

Основные задачи и применяемые подходы.

Окружающая обстановка (Perception).

Сверточные сети (CNN), которые применяются для идентификации различных объектов: транспортных средств, людей, светофоров.

Сети сегментации (Segmentaion Networks) используются для точного выделения разметки на дороге, бордюров и любых преград.

Прогнозирование действий участников дорожного потока: сети RNN и архитектуры на базе трансформеров, способные предсказывать пути следования пешеходов и ближайших транспортных средств.

Выбор стратегии и планирование маршрута: применение методов обучения с подкреплением (RL) для обеспечения безопасного и оптимального управления машиной.

Синтез данных: совместное применение радаров, LiDAR и камер (сенсорная интеграция), при котором нейронные сети агрегируют сведения из различных источников.

Примеры применения: производители автотранспорта используют свёрточные нейронные сети, чтобы обрабатывать данные с камер. Для прогнозирования действий других водителей применяются гибридные системы, объединяющие CNN и LSTM. При испытаниях самоуправляемых машин задействуются алгоритмы обучения с подкреплением, позволяющие принимать решения.

6. Интеллектуальное управление дорожным движением. Помимо личных автомобилей и корпоративных решений, искусственный интеллект внедряется в масштабах городских систем.

Рассмотрим подробнее.

Переключение режимов работы светофорных регуляторов, построенных на базе систем с подкрепляющим обучением, способствует снижению транспортного затора.

Объем транспорта подсчитывается интеллектуальными системами видеонаблюдения, применяющими сверточные нейронные сети для анализа видеопотока.

Определение опасных участков автомобильных трасс облегчается прогнозированием дорожных происшествий, опирающимся на архивные данные.

В реальности многие муниципалитеты применяют алгоритмы обучения с подкреплением для управления светофорами. Это позволяет сократить время ожидания в пробках на 25 %, а концентрацию вредных выбросов в атмосфере снизить на 20 %.

Подытожив, выделим главные достоинства нейросетей:

возможность работать с масштабными массивами логистической информации с высокой степенью достоверности прогнозирования;

способность анализировать широкий спектр факторов, включая время дня, метеорологические условия и дорожные события;

адаптивность к трансформациям в транспортном потоке благодаря постоянному обучению на актуальных показателях;

работа в режиме реального времени (например, беспилотные автомобили).

Использование нейросетей существенно улучшает функционирование интеллектуальных транспортных систем, экономит бюджетные средства и повышает безопасность на дорогах.

Список использованных источников

1. Миротин Л.Б., Покровский А.К., Некрасов А.Г. Управление социально–техническими системами: учебное пособие для высших учебных заведений. Москва: Академия, 2014. 190 с.

2. Горев А.Э. Основы теории транспортных систем: учеб. пособие / А.Э. Горев. – СПб.: СПбГАСУ, 2010. – 214 с.

3. Сафиуллин Р, Симонова Л. Комплексные подходы внедрения интегрированных интеллектуальных технологий в транспортные системы. – М.: Директ–Медиа, 2024. – 500 с.

4. Tabares S. Certified corporations: An approach to tensions of sustainable–driven hybrid business models in an emerging economy // Journal of Cleaner Production 2021. P. 313–322.

THE NECESSITY OF USING NEURAL NETWORKS IN INTELLIGENT TRANSPORT SYSTEMS

A.Yu. Klyushin

Tver State Technical University,
Tver, Russia

This article examines the application of neural networks best suited for various types of transport data. The methods presented enable the analysis of complex transport systems and the prediction of their behavior under diverse conditions. This serves as a significant theoretical foundation for the application of intelligent and neural–network–based methods in the transport sector.

Keywords: intelligent transport systems, neural networks, transport problems, traffic safety.

УДК 656.09

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ООО «РЕНЕССАНС–ТРАНС» И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ

Е.С. Кулакова, В.В. Кулаков, В.В. Нехороших

Донской государственный аграрный университет,
Новочеркасский инженерно–мелиоративный институт им. А.К. Кортунова,
г. Новочеркасск, Россия

Изучена характеристика функционирования транспортного предприятия. Представлена структурная характеристика и технологическое оборудование предприятия.

Ключевые слова: транспортное предприятие, структура, технологическое оборудование, загрязнение.

Введение. Транспортно–дорожный комплекс является мощным источником загрязнения природной среды. Продуктами загрязнения функционирования данной системы являются выбросы в атмосферу токсикантов с отработавшими газами транспортных двигателей и вредных веществ от стационарных предприятий [1].

Проблема загрязнения окружающей среды от транспортного предприятия особенно актуальна. Основными зонами загрязнения являются предприятия транспортной отрасли, площадки автотранспорта, автохозяйства, службы перевозок и др. Именно поэтому, изучение проблемы воздействия транспортного предприятия и его функциональных зон на качество природных сред, является ключевым вопросом данной работы [2].

В связи с этим, целью исследования является изучение структуры и технологических процессов промышленного предприятия ООО «Ренессанс–транс».

Для достижения поставленной цели были сформулированы следующие задачи:

1. изучить структуру объекта исследования;

2. представить краткую характеристику имеющихся функциональных структурных подразделений транспортного предприятия;

3. ознакомиться с технологическим оборудованием предприятия.

Материалы и методы. Для исследования было выбрано автотранспортное предприятие ООО «Ренессанс–транс» г. Новочеркасска.

Материалами исследования являются данные экологического контроля и официальная информация руководства организации.

Методы исследования основаны на статистической обработке данных, включая анализ и обработку официальной информации.

Учитывая возможное наличие негативного воздействия на окружающую среду, рассмотрим структурные подразделения предприятия, выполняющие различные функциональные возможности.

Результаты исследований.

Структурные подразделения ООО «Ренессанс–транс» отличаются спецификой деятельности, наличием авто–технологического оборудования и степенью воздействия на окружающую среду [3].

1. Токарный цех. В цехе производится механическая обработка деталей, запчастей, изготовление метизов для собственных нужд предприятия из стального и алюминиевого проката.

Эксплуатируется оборудование: токарно–винторезный станок – 5 шт., заточной станок – 1 шт., заглубленная емкость для слива масла – 1 шт.

Отходами в токарном цехе являются: масла индустриальные отработанные, масла моторные отработанные, масла трансмиссионные отработанные, обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более),

абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов (с содержанием металла менее 50 %), абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов, отходы, содержащие черные металлы в кусковой форме, отходы, содержащие алюминий в кусковой форме.

2. Кузовной цех. В цехе производится ремонт кузовов и подготовка их поверхности к окраске: рихтовка, зачистка поверхности на абразивном круге.

Эксплуатируется оборудование: заточной станок – 1 шт.

Отходами в кузовном цехе являются: обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов (с содержанием металла менее 50 %), абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов.

3. Зона ремонта. На участке производится текущий ремонт силовых агрегатов: разборка, сборка, замена запчастей.

Эксплуатируется оборудование: заточной станок – 1 шт., смотровая яма – 5 шт.

Отходами от тупиковой зоны ремонта являются: обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), абразивная пыль и порошок от шлифования черных металлов (с содержанием металла менее 50 %), абразивные круги отработанные, лом отработанных абразивных кругов.

4. Малярный цех. В цехах производится подкрашивание в процессе ремонта собственных автотранспортных средств методом пневматического распыления. В малярном цехе производится мелкий ремонт с использованием аппарата полуавтоматической сварки стали.

Отходами от малярных цехов являются: отходы лакокрасочных средств (тара из–под ЛКМ), отходы, содержащие черные металлы в кусковой форме.

5. Склад ГСМ. Предназначен для хранения и заправки собственных автотранспортных средств горючесмазочными материалами. На складе хранится дизтопливо, автотранспортные масла; производится заправки собственного автотранспорта. Горючесмазочные материалы доставляются на склад автобензовозами предприятий–поставщиков.

Отходами от склада ГСМ являются: обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), шлам очистки трубопроводов и емкостей (бочек, контейнеров, цистерн, гудронаторов) от нефти и нефтепродуктов.

6. Комплекс подготовки автотранспорта.

В состав комплекса входят участки: слесарно–механический, ремонта дизельных двигателей, агрегатный и моечное отделение.

1) тисочный участок – на участке выполняются слесарно–механические работы, замена деталей и узлов: замена тормозных колодок, дисков сцепления, ремонт тормозных рычагов, шарниров и карданных валов с использованием сверлильных станков.

Отходами в тисочном участке являются: тормозные колодки отработанные, обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), отходы, содержащие черные металлы в кусковой форме.

2) участок по ремонту дизельных двигателей – выполняется разборка, сборка двигателей, слесарно–механические работы.

Отходами от участка по ремонту дизельных двигателей являются: обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), отходы, содержащие черные металлы в кусковой форме.

3) агрегатный участок – участок выполняет ремонт коробок передач, редукторов задних мостов. Производится замена деталей и узлов, слесарные работы.

Отходами участка являются: обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), отходы, содержащие черные металлы в кусковой форме.

4) моечное отделение – отходами от использования моечного оборудования являются: обтирочный материал, загрязненный нефтепродуктами (содержание 15 % и более), шлам очистки нефтесодержащих сточных вод, включающий нефтепродукты в количестве менее 15 %, эмульсии и эмульсионные смеси.

7. Зоны технического обслуживания.

Производятся ремонтные работы (с использованием сварочного аппарата и заточного станка), контрольно–диагностические, крепежные, регулировочные, смазочные и очистительные работы.

Отходами от зоны ТО являются: масла моторные отработанные, масла трансмиссионные отработанные, отходы твердых производственных материалов, загрязнённые нефтяными и минеральными жировыми продуктами (фильтры, загрязненные маслами), прочие твердые минеральные отходы (ил карбидный), остатки и огарки стальных сварочных электродов, обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), отходы, содержащие черные металлы в кусковой форме.

8. Цех ремонта резино–технических изделий.

Выполняется изготовление сальников, манжет, уплотнительных колец. Для этого с помощью электронагретого литьевого пресса выдавливаются резиновые изделия нужной формы.

Отходами в цехе РТИ являются обрезки резины.

9. Аккумуляторный цех.

Выполняется зарядка кислотных аккумуляторов. С помощью сверлильного станка осуществляется вскрытие клемм (используется редко).

Отходами от аккумуляторного цеха являются: обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), аккумуляторы свинцовые отработанные неповрежденные с не слитым электролитом.

10. Шиномонтажный участок.

Выполняется монтаж, демонтаж, подкачка шин.

Отходами от шиномонтажного участка являются: масла компрессорные отработанные, обтирочный материал, загрязненный маслами (содержание масел 15 % и более), шины пневматические отработанные.

Заключение. В результате проведенных исследований были сформулированы следующие выводы:

1. Изучена структура объекта исследования – ООО «Ренессанс–транс», основным видом деятельности которого является перевозка грузов.

2. Проведен анализ хозяйственной деятельности ООО «Ренессанс–транс».

3. Представлены основные участки предприятия: токарный, кузовной, малярный и аккумуляторный цеха, зона ремонта, склад ГСМ, комплекс подготовки автотранспорта, зоны технического обслуживания и ремонта резино–технических изделий, а также шиномонтажный участок.

Список использованных источников

1. Прохоров, В.Ю. Экология транспорта [Электронный ресурс]: учебное пособие / В.Ю. Прохоров, Д.В. Акинин, Н.В. Гренц. – Электрон. текстовые данные. – Саратов: Ай Пи Эр Медиа, 2019. – 69 с.

2. Никишин В.Н. Обеспечение экологической безопасности автотранспортного комплекса: учебное пособие / В.Н. Никишин, Е.П. Барыльникова. – Набережные Челны, 2019. – 232 с.

3. ООО «Ренессанс–транс» – Режим доступа: URL: https://renessans–trans.narod.ru/ (дата обращения: 18.10.2026).

GENERAL CHARACTERISTICS OF THE BUSINESS ACTIVITIES OF RENAISSANCE–TRANS LLC AND ITS ENVIRONMENTAL IMPACT

E.S. Kulakova, V.V. Kulakov, V.V. Nekhoroshikh

Donskoy State Agrarian University,
Novocherkassk Engineering Meliorative Institute after A.K. Kortunov,
Novocherkassk, Russia

The operational characteristics of a transport enterprise have been examined. The structural features and technological equipment of the enterprise are presented.

Keywords: transport enterprise, structure, technological equipment, pollution.

УДК 656.11

ЭЛАСТИЧНОСТЬ ПРИГОРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПРИ УСЛОВИИ ВЫСОКОГО ПАССАЖИРООБОРОТА

К.А. Ладыгина, В.В. Опарина, М.А. Ясюлевич

Уральский государственный университет путей сообщения,
г. Екатеринбург, Россия

В статье рассмотрены теоретические аспекты ценовой эластичности спроса и предложения на рынке пригородных пассажирских перевозок. Проведён анализ коэффициентов эластичности на основе данных Росстата за январь–

сентябрь 2024–2025 гг. Выявлена специфика реакции пассажиров на изменение тарифов в условиях высокого пассажирооборота.

Ключевые слова: пригородные перевозки, пассажирооборот, ценовая эластичность, тарифы, транспортная инфраструктура.

Пассажирские перевозки занимают особое место в работе транспорта. Это объясняется их высокой социально–экономической ролью в жизни общества и выполнением одной из важнейших гарантий государства – свободы передвижения. Потребность населения в перевозках связана как с производственной деятельностью (поездки к месту работы и в командировки), так и с культурно–бытовой необходимостью (поездки на отдых, экскурсии, туристические поездки) [2].

Рынок транспортных услуг включает категории пассажирских перевозок: городские, пригородные, междугородные и международные. Для каждой из них свойственны показатели емкости рынка, уровень и характер конкуренции, а мотивация путешествий и эластичность спроса по цене, доходу [2].

Пригородные перевозки занимают второе место по массовости после внутригородских. В сфере таких услуг действуют железнодорожный, автобусный и личный автомобильный транспорт. На формирование предпочтений пассажиров влияет неценовая характеристика – надёжность и точность расписания. Для ежедневных поездок на работу или учёбу в пригородном сообщении главным средством передвижения выступает железная дорога благодаря высокой провозной способности, надёжности и регулярности движения. Её социальная значимость велика при перевозке горожан на дачные участки и в места массового отдыха [1].

Ценовая эластичность спроса на пригородные перевозки при высоком пассажирообороте, остаётся низкой. Это объясняется несколькими факторами. Тариф занимает небольшую долю в бюджете пассажира, поэтому заметный рост цены даёт умеренное увеличение затрат. Поездки носят обязательный характер и социально значимы. Полноценных заменителей с сопоставимыми параметрами на большинстве направлений нет, а альтернативы перегружены. В краткосрочном периоде пассажиры не могут быстро сменить место жительства или работы; в долгосрочном переориентация возможна, но происходит медленно и не носит массового характера [2].

Для анализа ценовой эластичности спроса на пригородные перевозки взяты данные из Росстата. На диаграмме представлено сравнение объёмов пригородных железнодорожных перевозок и пассажирооборота за январь–сентябрь 2024 и 2025 годов.

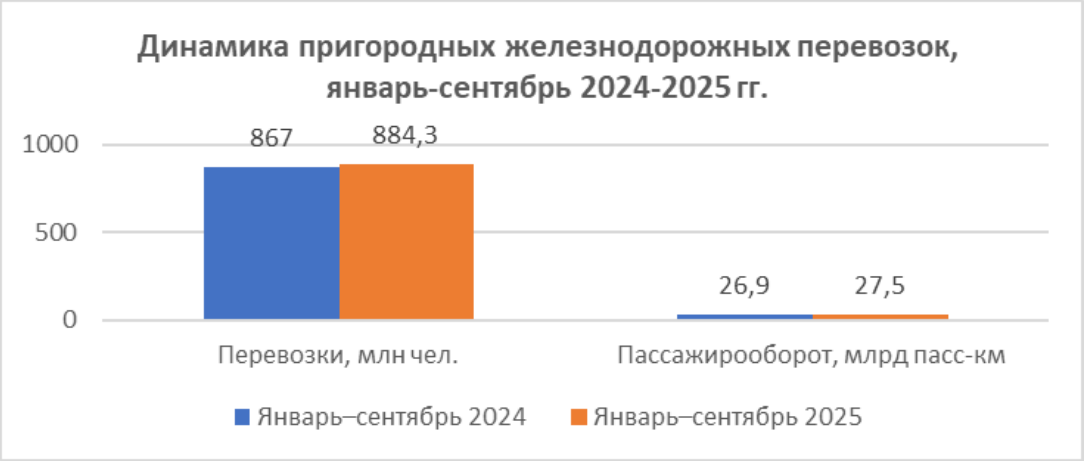


Рисунок 1 – динамика пригородных железнодорожных перевозок, январь–сентябрь 2024–2025 гг.

Данные Росстата показывают, что в январе–сентябре 2025 года пригородные железнодорожные перевозки выросли на 2,0 % (до 884,3 млн человек), а пассажирооборот – на 2,3 % (до 27,5 млрд пасс–км). При этом тариф на проезд в пригородном поезде вырос на 10,4 %. Таким образом, рост цены не привёл к падению спроса – объём перевозок увеличился [4].

Таким образом, спрос на пригородные перевозки при высоком пассажирообороте характеризуется низкой ценовой эластичностью. Это обусловлено тем, что тарифная плата занимает незначительную долю в бюджете пассажира, поездки носят обязательный характер, полноценные заменители отсутствуют или перегружены, а адаптация пассажиров (смена работы, места жительства, переход на удалённый формат) требует длительного времени.

Ценовая эластичность предложения пригородных перевозок при высоком пассажирообороте имеет свои ограничения.

Таблица 1 – Факторы, ограничивающие ценовую эластичность предложения пригородных перевозок при высоком пассажирообороте

Фактор	Суть	Влияние на эластичность предложения
Мобильность транспортных ресурсов	Подвижной состав и персонал уже задействованы на пиковых направлениях; увеличение мощностей требует инвестиций и времени	Снижает эластичность, особенно в краткосрочном периоде
Технологические ограничения	Предложение связано с пропускной способностью инфраструктуры и жёсткими циклами (графики движения, оборот составов, техобслуживание)	Снижает гибкость предложения даже при росте тарифов
Временной фактор	В долгосрочной перспективе возможна модернизация инфраструктуры и закупка подвижного состава	Повышает эластичность в среднесрочном и долгосрочном периоде

При высоком пассажирообороте предложение пригородных перевозок в краткосрочном периоде малоэластично из–за загруженности ресурсов и техноло-

гических ограничений. Эластичность возрастает лишь в долгосрочной перспективе – при условии значительных инвестиций и тщательного планирования [3].

Таким образом, ценовая эластичность спроса на пригородные пассажирские перевозки при высоком пассажирообороте остаётся низкой, поскольку поездки носят обязательный характер, имеют ограниченные полноценные заменители и занимают небольшую долю в бюджете пассажира. Ценовая эластичность предложения в этих условиях также ограничена из–за низкой мобильности транспортных ресурсов, технологических ограничений инфраструктуры и значительного временного лага для увеличения провозных мощностей. Следовательно, в условиях высокого пассажирооборота тарифная политика должна учитывать низкую чувствительность пассажиров к цене и опираться преимущественно на развитие инфраструктуры, повышение качества обслуживания и долгосрочное планирование перевозок.

Список использованных источников

1. Подсорин В.А., Флягина Т.А. Экономические аспекты развития пассажирских перевозок в дальнем следовании: учебное пособие. – М.: РУТ (МИИТ), 2019. – 77 с.

2. Кобылицкий А.Н. Исследование эластичности пассажирооборота в пригородном железнодорожном сообщении. – 2018.

3. Тумашева М.В. Микроэкономика (начальный уровень): учебное пособие. – Казань, 2019.

4. Индексы потребительских цен (тарифов) на товары и услуги: Федеральный план статистических работ, пункт 1.29.3. – Росстат. – URL: https://rosstat.gov.ru

5. Ясюлевич, М.А. Динамика рынка труда и потребности отраслевой высшей школы / М.А. Ясюлевич, С.В. Рачек // Железнодорожный транспорт и технологии: сборник трудов Всероссийской научно–практической конференции с международным участием, Екатеринбург, 29–30 октября 2025 года. – Екатеринбург: Уральский государственный университет путей сообщения, 2026. – С. 138–140. – EDN QYQHLI.

ELASTICITY OF SUBURBAN TRANSPORTATION UNDER HIGH PASSENGER TURNOVER

K.A. Ladygina, V.V. Oparina, M.A. Yasyulevich

Ural State University of Railway Transport,
Ekaterinburg, Russia

The article considers theoretical aspects of price elasticity of demand and supply in the suburban passenger transportation market. An analysis of elasticity coefficients based on Rosstat data for January–September 2024–2025 is carried out. The specifics of passengers' reaction to tariff changes under high passenger turnover are revealed.

Keywords: suburban transportation, passenger turnover, price elasticity, tariffs, transport infrastructure.

УДК 656.078.1

РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНОГО АВТОТРАНСПОРТА НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ: ПРАКТИКА ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЬ» В ЯНАО

О.И. Логинов

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

В статье рассмотрены практические результаты применения беспилотного автотранспорта на нефтегазовых месторождениях Российской Федерации на примере проектов ПАО «Газпром нефть», реализуемых в том числе в Ямало–Ненецком автономном округе. Раскрыты основные ограничения, препятствующие развитию беспилотного автотранспорта в сложных климатических условиях. Предложены направления дальнейшего развития логистики с использованием беспилотного транспорта на нефтегазовых месторождениях в Российской Федерации.

Ключевые слова: беспилотный автотранспорт, промысловая логистика, Восточно–Мессояхское месторождение, автономный транспорт, дистанционное управление.

В нефтегазовой отрасли беспилотный автотранспорт интересен прежде всего как средство автоматизации регулярной внутрипромысловой логистики. На месторождениях постоянно приходится перемещать оборудование, трубы, реагенты, запасные части и другие материально–технические ресурсы – между базами, складами, кустовыми площадками и объектами подготовки продукции. Значительная часть таких перевозок идет по заранее известным маршрутам и повторяется из рейса в рейс. При этом месторождения Западной Сибири и Арктической зоны удалены от центров снабжения, испытывают дефицит кадров, а транспортное обеспечение стоит дорого. В таких условиях автономизация транспортных операций может дать более заметный эффект, чем в обычной городской логистике.

Показательный пример российской практики – ПАО «Газпром нефть». Компания развивает беспилотные транспортные решения последовательно и рассматривает их не как отдельный эксперимент, а как часть логистики удаленных месторождений. В 2020 году прошли первые успешные испытания беспилотных грузовиков «КАМАЗ» на Восточно–Мессояхском месторождении, что

позволило перейти от проверки принципиальной работоспособности технологии к ее использованию в реальном производственном процессе [1; 2].

Отдельного внимания заслуживают география и инфраструктура Восточно–Мессояхского месторождения, которое находится на Гыданском полуострове в Ямало–Ненецком автономном округе. Единственная наземная связь с Большой землей – зимняя автомобильная дорога протяженностью около 140 км. В обычных условиях она работает примерно шесть месяцев в году. При ухудшении погоды, метелях или повышении температуры движение по зимнику ограничивают, а после его закрытия грузы доставляют на промысел в основном воздушным транспортом [2]. Поэтому надежность и продолжительность работы зимнего маршрута прямо влияют на устойчивость снабжения месторождения.

В мае 2023 г. первые беспилотные КАМАЗы вышли на регулярные рейсы между Восточно–Мессояхским месторождением и пос. Тазовский. Ценность проекта – именно в логистической направленности: беспилотный транспорт применяется не для демонстрационной поездки, а для регулярной перевозки грузов по производственному маршруту. Так был сформирован технологический задел для масштабирования автономного транспорта в условиях Крайнего Севера [2].

Следующий шаг – расширение применения технологии. В апреле 2026 г. Министерство транспорта Российской Федерации сообщило, что ПАО «Газпром нефть» запустило промышленные беспилотные грузоперевозки на месторождениях Сибири: первые 20 беспилотных грузовиков начали работать на месторождениях Ямала, Югры и Якутии. Используются российские полноприводные тягачи грузоподъемностью 24 т, рассчитанные на разные типы дорог и адаптированные к сложным климатическим условиям. Одно из технологических решений – движение колонной по принципу «электронного следа»: ведущая машина задает траекторию и режим движения, а следующие повторяют ее. Навигация и управление опираются на данные лидаров и видеокамер, их поддерживает бортовой вычислительный комплекс с элементами искусственного интеллекта [3].

Практический результат проекта – заявленный экономический эффект. По данным Минтранса России, ПАО «Газпром нефть» ожидает сокращения логистических затрат примерно на треть за счет беспилотных грузовиков. Компания связывает технологию и с повышением устойчивости снабжения, и с непрерывностью производственных процессов. Но этот эффект нужно воспринимать как показатель конкретного проекта, а не как универсальную оценку окупаемости беспилотного транспорта для всех месторождений: результат зависит от длины маршрута, объема грузопотока, сезонности, стоимости инфраструктуры, режима эксплуатации и количества машин [3].

Несмотря на успешные проекты, говорить о широком распространении беспилотного автотранспорта на российских нефтегазовых месторождениях преждевременно. Даже внутри крупной нефтяной компании развитие идет поэтапно: от испытаний отдельных машин и маршрутов к регулярным перевозкам, а затем к формированию флота. Значит, главная сложность текущего этапа

уже не в доказательстве самой возможности автономного движения, а в создании решений, которые позволяют экономически и безопасно масштабировать технологию на разные месторождения.

Среди ограничений, которые сильнее всего сдерживают тиражирование, первым стоит назвать природно–климатический фактор. Для Ямала характерны низкие температуры, метели, снег, туман и резкие изменения состояния дорог. Эти факторы влияют на качество работы камер, лидаров, систем позиционирования и связи. Поэтому решения, предназначенные для обычных автомобильных дорог, требуют адаптации. Нужны сенсорные системы с резервированием, алгоритмы оценки достоверности данных и возможность безопасно завершить движение при частичной потере информации.

Второй барьер – специфика зимников и внутрипромысловых дорог. Их геометрия может меняться из–за погодных условий и ремонтных работ. Для беспилотной эксплуатации нужна не статическая карта, созданная один раз, а динамическая цифровая модель маршрута. В перспективе целесообразно использовать данные всего автопарка, чтобы автоматически выявлять изменения состояния дороги и обновлять маршруты.

Третий узел сложностей – связь и навигация. Для удаленных объектов нельзя исходить из постоянного наличия надежного интернет–соединения. Беспилотная система должна сохранять безопасный режим при потере внешней связи, а критически важные функции – выполняться непосредственно на борту. Это предполагает сочетание спутниковой навигации, одометрии, локализации по карте и нескольких каналов передачи данных.

Четвертое ограничение – промышленная и функциональная безопасность. На нефтегазовом объекте транспорт взаимодействует с обычными автомобилями, спецтехникой и персоналом. Кроме того, отдельные зоны могут относиться к взрывоопасным. Поэтому внедрение автономной машины требует оценки не только алгоритмов вождения, но и всей системы «автомобиль – маршрут – инфраструктура – персонал – оператор». Отдельные требования предъявляются к оборудованию для работы во взрывоопасных средах в соответствии с ТР ТС 012/2011 [4].

Опыт ПАО «Газпром нефть» на Ямале позволяет сформулировать несколько направлений дальнейшего развития беспилотной логистики. Первое – создание специализированных транспортных решений для месторождений. Такие машины должны изначально проектироваться с учетом грунтовых дорог, зимников, низких температур, повышенной нагрузки и необходимости работы в удаленном режиме, а не быть исключительно адаптацией дорожного грузовика.

Второе направление – развитие технологий автономного движения колонной. Для северной логистики этот подход представляет практический интерес: одна ведущая машина может формировать траекторию движения, а следующие транспортные средства повторяют ее. Потенциальный экономический эффект связан не только с отсутствием водителя в каждом автомобиле, но и с возможностью централизованного контроля всего транспортного потока. По

мере повышения надежности технологий оператор сможет контролировать несколько машин одновременно, концентрируясь на нештатных ситуациях.

Третье направление – создание цифрового транспортного коридора месторождения. Такая система должна объединять цифровую карту, навигацию, связь, диспетчеризацию, данные о погоде и состоянии дороги, информацию о местоположении техники и производственные заявки. В этом случае транспортное средство получает не просто маршрут, а цифровое задание на доставку груза от конкретного пункта до конкретного объекта с учетом текущего состояния инфраструктуры.

Четвертое направление – интеграция беспилотного транспорта с системой снабжения. В перспективе заявка производственного объекта на материалы и оборудование может автоматически формировать транспортное задание, после чего система выбирает доступную машину, планирует маршрут и контролирует выполнение доставки. Такой подход позволит перейти от автоматизации отдельных рейсов к автоматизации логистического процесса в целом.

Пятое направление – формирование единой системы оценки эффективности. Для объективного сравнения проектов необходимо учитывать не только количество беспилотных машин и километраж, но и долю автономного пробега, число вмешательств оператора, вынужденные остановки, доступность системы, стоимость тонно–километра, простои, расходы на цифровую инфраструктуру и показатели безопасности. Особенно важно оценивать экономический эффект на всем жизненном цикле проекта, включая создание карт, связь, техническое обслуживание и программное сопровождение.

Опыт ПАО «Газпром нефть» показывает, что беспилотный автотранспорт уже вышел за рамки исключительно экспериментальной технологии в нефтегазовой отрасли. На Восточно–Мессояхском месторождении в ЯНАО после арктических испытаний организованы регулярные перевозки по 140–километровому зимнику, а в 2026 г. компания перешла к промышленному применению первых 20 беспилотных грузовиков на месторождениях Ямала, Югры и Якутии [2; 3]. Это важный практический задел для дальнейшего развития автономной логистики.

Вместе с тем текущий масштаб применения остается ограниченным. Основная задача следующего этапа – переход от отдельных успешно работающих маршрутов к тиражируемой технологической платформе. Для этого необходимы специализированные беспилотные автомобили, устойчивая навигация и связь, динамические цифровые карты и единый центр управления автономным транспортом.

Таким образом, Ямал можно рассматривать не только как территорию эксплуатации беспилотного транспорта, но и как естественный полигон для разработки новых решений в области автономной промысловой логистики. Сочетание протяженных маршрутов, высокой стоимости доставки, сложных климатических условий и необходимости повышения устойчивости снабжения создает предпосылки для дальнейшего развития технологии. Практический опыт ПАО «Газпром нефть» позволяет перейти от вопроса о принципиальной воз-

можности применения беспилотных грузовиков к более актуальной задаче – созданию масштабируемой автономной транспортной системы для нефтегазовых месторождений Российской Федерации.

Список использованных источников

1. «Газпром нефть» запустила беспилотные грузоперевозки на месторождениях Сибири. – Текст: электронный // Газпром нефть: [сайт]. – URL: https://www.gazprom–neft.ru/press–center/news/gazprom–neft–zapustila–bespilotnye–gruzoperevozki–na–mestorozhdeniyakh–sibiri/?ysclid=mv2ts4ln7y665671800 (дата обращения: 10.10.2026).

2. Гончаренко, А. Газпром нефть начала регулярные рейсы по доставке грузов в Арктике беспилотными КАМАЗами / А. Гончаренко. – Текст: электронный // Neftegaz.RU: [сайт]. – URL: https://neftegaz.ru/news/standarts/778944–gazprom–neft–nachala–perevozki–gruzov–v–arktike–bespilotnymi–kamazami/ (дата обращения: 10.10.2026).

3. «Газпром нефть» запустила беспилотные грузоперевозки на месторождениях Сибири. – Текст: электронный // Министерство транспорта Российской Федерации: [сайт]. – URL: https://mintrans.gov.ru/press–center/branch–news/8832?ysclid=mv2gba85jt527161560 (дата обращения: 10.10.2026).

4. ТР ТС 012/2011. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности оборудования для работы во взрывоопасных средах» / утв. Решением Комиссии Таможенного союза от 18.10.2011 № 825. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно–технических документов: [сайт]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/902307910?ysclid=mv2uorhfgr555374340 (дата обращения: 10.10.2026).

5. В России продолжится развитие движения беспилотных грузовиков. – Текст: электронный // Министерство транспорта Российской Федерации: [сайт]. – URL: https://mintrans.gov.ru/press–center/news/12260?ysclid=mv2uhfa21s315911179 (дата обращения: 10.10.2026).

6. ГОСТ Р 58823–2020. Автомобильные транспортные средства. Системы автоматизации управления движением. Классификация и определения / утв. и введён в действие Приказом Росстандарта от 30.10.2020 № 1006–ст.. – Текст: электронный // Электронный фонд правовых и нормативно–технических документов: [сайт]. – URL: https://docs.cntd.ru/document/573114609?ysclid=mv2ul87jzd800341662 (дата обращения: 10.10.2026).

DEVELOPMENT OF UNMANNED ROAD TRANSPORT AT OIL AND GAS FIELDS: THE PRACTICE OF GAZPROM NEFT PJSC IN THE YAMALO–NENETS AUTONOMOUS AREA

O.I. Loginov

National University of Oil and Gas Gubkin University, Moscow, Russia

The article examines the practical results of using unmanned road transport at oil and gas fields of the Russian Federation, drawing on the projects implementing by Gazprom Neft PJSC in the Yamalo–Nenets Autonomous Area, among other loca-

tions. The main constraints hindering the development of unmanned road transport in harsh climatic conditions are identified. Directions for further development of unmanned logistics at oil and gas fields of the Russian Federation are proposed.

Keywords: unmanned road transport, field logistics, East Messoyakha field, autonomous transport, remote control.

УДК 620.92

ЛОГИСТИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ: ПОСТАВКИ ТОПЛИВА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЭК

Э.Р. Муратова, Р.Р. Шайхилисламова, Л.В. Маймакова

Казанский государственный энергетический университет, г. Казань, Россия

В современной теории логистики принято рассматривать поставки топлива и оборудования для топливно–энергетического комплекса (ТЭК) исключительно как техническую задачу. В энергетике взгляд на логистику позволяет переосмыслить её роль в стабильном развитии экономики. Статья исследует явления логистики в энергетике в отношение её влияния на равномерность поставок и конкурентоспособность отрасли. Рассматриваются экономические и инфраструктурные причины сбоев в цепях поставок, их последствия для энергетической безопасности и репутации компаний, анализируется возможность оптимизации логистических процессов, и предлагаются практические методы устранения негативных эффектов и инструменты диагностики узких мест.

Ключевые слова: логистика, энергетика, топливно–энергетический комплекс, поставки топлива, оборудование, энергетическая безопасность.

Логистика как наука об управлении материальными потоками всегда стремилась к рационализации: точные маршруты, прозрачные схемы, проверенные графики поставок. Классическая школа логистики (Р. Баллоу, Д. Бауэрсокс, Дж. Сток) изображала облик цепи поставок очень слаженно, где всякий элемент выполняет свою функцию [1]. Однако в реальности скрывается очень сложная структура инфраструктурных ограничений, сезонных колебаний и борьбы за ресурсы. Это пространство принято называть «логистикой ТЭК», а крайним, наиболее уязвимым проявлением этого пространства являются сбои в поставках топлива и оборудования.

Логистика в энергетике – это совокупность процессов, связанных с организацией, планированием и управлением доставками топлива, оборудования и материалов для предприятий ТЭК. Ключевая особенность этой сферы заключается в том, что она обслуживает непрерывное производство. Если электростанция остановиться на какое–то время, то наступит катастрофа для потребителей и не только. Поэтому логистические цепочки должны работать бесперебойно [2].

В экономике, логистика в энергетике привлекает внимание своим сильным влиянием на два ключевых актива современной компании. Неполадки в сотрудничестве с поставщиками снижают доверие сотрудников, тем самым уменьшается эффективность работы и образуется атмосфера неопределённости и повышенной рискованности [3].

При известиях о сбоях доставки топлива и срыва поставок, привлекательность инвесторов и ценных специалистов значительно уменьшается.

Актуальность данной темы обусловлена растущей ролью энергетики в стоимости товаров и услуг. В древности проблемы с поставками были проблемой лишь отдела снабжения, а в современное время логистика ТЭК становится решающим элементом, который влияет на конкурентоспособность.

Для эффективной работоспособности логистической службы в условиях интенсивной инфраструктуры или предотвращения сбоев, нужно понимать истоки данного явления. Специалисты разных отраслей, такие как социологи, экономисты выделяют три основные группы причин.

Структурные и экономические принципы. Борьба за ограниченные блага превращается в активацию скрытых конфликтов. Во всякой организации существуют определенные пики объединений. То есть ограничения бюджета компании на проекты, фонды премий, возможность карьерного роста. При отсутствии конкретных правил, возникает внутренняя политика, интриги и борьба за влияние.

Организационные причины (несовершенство оргструктуры). Размытые зоны ответственности, дублирование функций и отсутствие прозрачной системы карьерного роста создают питательную среду для манипуляций. Когда два отдела выполняют одинаковые или схожие задачи, безусловно возникает конкуренция. Каждый пытается показать себя более полезным и нужным. Также сюда относится неполнота информации, когда важные данные находятся в доступе у конкретных лиц [4].

Смещение фокуса с личности на результат (Система мотивации). Махинации начинаются в той сфере, где эффективность ниже лояльности начальника. Внедрение системы KPI, в которой большая часть бонуса зависит от командных результатов, снижает подрыв репутации коллег. Внутреннее сотрудничество должно продвигать ценности совместных проектов, а не индивидуального проявления.

Необходимость предотвращения угроз в логистике ТЭК заключается в постоянном мониторинге поставок. В хранилище современного менеджмента и HR существуют следующие инструменты:

Анонимные опросы вовлечённости. Отсутствие опросов в отдельных подразделениях является первичным фактором наличия скрытого личного или коллективного конфликта.

Социометрические методы. Анализирование личных связей в коллективе помогает выявить на первоначальном этапе интриги и возникновение конфликтов и успеть предотвратить их [5].

Мониторинг текучести кадров. Если в компании наблюдается увольнение не одного сотрудника, а нескольких, иногда даже и коллектива, то это является

симптомом того, что внутренняя политика в компании нуждается в корректировке многих факторов.

Внутрикорпоративные интриги – это сложное явление, и не стоит считать их только отклонением. Они есть в любой организации, потому что люди всегда борются за власть и ресурсы. Так устроены организационные структуры [6]. Менеджмент не должен пытаться сделать так, чтобы конфликтов вообще не было. Вместо этого он должен управлять тем, как люди в коллективе борются за власть и ресурсы.

Хороший подход в управлении персоналом должен включать в себя: выяснение причин интриг (нехватка ресурсов, плохая структура), использование прозрачности для лишения интриги информационной основы, прописывание карьерных и финансовых процессов и создание культуры, где конкуренция идей поощряется, а личные выгоды, вредящие компании, жёстко пресекаются.

Только с таким подходом корпоративные интриги, от которых никуда не деться, становятся не проблемой, а способом развивать управление. И репутация бренда остаётся нормальной, и сотрудники не сходят с ума.

Список использованных источников

1. Мастепанов А.М. (Институт энергетической стратегии) – статьи по энергетической безопасности и устойчивому развитию ТЭК. С.11

2. Сергеев В.И. Логистика снабжения. – М.: Юрайт, 2020–2023. С. 423

3. Дыбская В.В., Стерлигова А.Н. Логистика. – М.: Эксмо, 2013–2018 (классический учебник). С. 541

4. Аникин Б.А. (ред.) Коммерческая логистика. – М.: Проспект, 2020–2022. С. 167

5. Стерлигова А.Н. Управление запасами в цепях поставок: оптимальный страховой запас. С.382

6. Сергеев, В.И. Логистика и управление цепями поставок: учебник. М.: Юрайт, 2024. С. 480

LOGISTICS IN THE ENERGY SECTOR: SUPPLY OF FUEL AND EQUIPMENT FOR THE FUEL AND ENERGY COMPLEX

E.R. Muratova, R.R. Shaikhilislamova, L.V. Maymakova

Kazan State Power Engineering University,
Kazan, Russia

In modern logistics theory, it is customary to view the supply of fuel and equipment for the fuel and energy complex (FEC) solely as a technical task. In the energy sector, a perspective on logistics makes it possible to rethink its role in the stable development of the economy. This article examines the phenomena of logistics in the energy sector in relation to its impact on the uniformity of supplies and the competitiveness of the industry. It considers the economic and infrastructural causes of disruptions in supply chains, their consequences for energy security and company reputations, analyzes the possibility of optimizing logistics processes, and proposes

practical methods for eliminating negative effects and tools for diagnosing bottlenecks.

Keywords: logistics, energy, fuel and energy complex, fuel supplies, equipment, energy security.

УДК 621.891

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРМЕТИКА

Ю.Ю. Накашидзе, А.К. Федоренко, Р.М. Накашидзе

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

В статье рассматривается проблема обеспечения герметичности соединений с натягом в узле «крышка блока цилиндров – направляющая втулка» двигателя внутреннего сгорания типа Д50. Показано, что применение силиконового герметика увеличивает усилие запрессовки соединения и не решает проблему полностью. Предложено техническое решение, основанное на формообразовании поверхности охватываемой детали. Приведены результаты расчёта требуемого натяга для обеспечения неподвижности соединения.

Ключевые слова: соединение с натягом, герметичность, кольцевые выступы, направляющая втулка, ДВС Д50.

Соединения с натягом широко применяются в машиностроении для передачи крутящего момента и осевых усилий без использования дополнительных крепёжных элементов. Одним из ответственных узлов дизельных двигателей типа Д50 является соединение направляющей втулки клапана с крышкой цилиндра. Данное соединение должно обеспечивать не только прочность, но и герметичность, предотвращающую прорыв отработавших газов и утечку масла.

Традиционно для обеспечения герметичности применяются различные герметики (силиконовые, анаэробные). Однако их использование приводит к увеличению усилия запрессовки на 20–40 % (рисунок 1), что повышает износ оборудования и риск деформации деталей. Кроме того, при испытаниях наблюдается высокий уровень брака (8–10 %), что свидетельствует о недостаточной эффективности существующей технологии.

В работах [1–3] показано, что управление микрогеометрией сопрягаемых поверхностей позволяет обеспечить герметичность соединений с натягом без дополнительных уплотнителей. Предложено на поверхности охватываемой детали выполнять кольцевые выступы, которые при запрессовке пластически деформируются, заполняя микронеровности и создавая лабиринтное уплотнение.

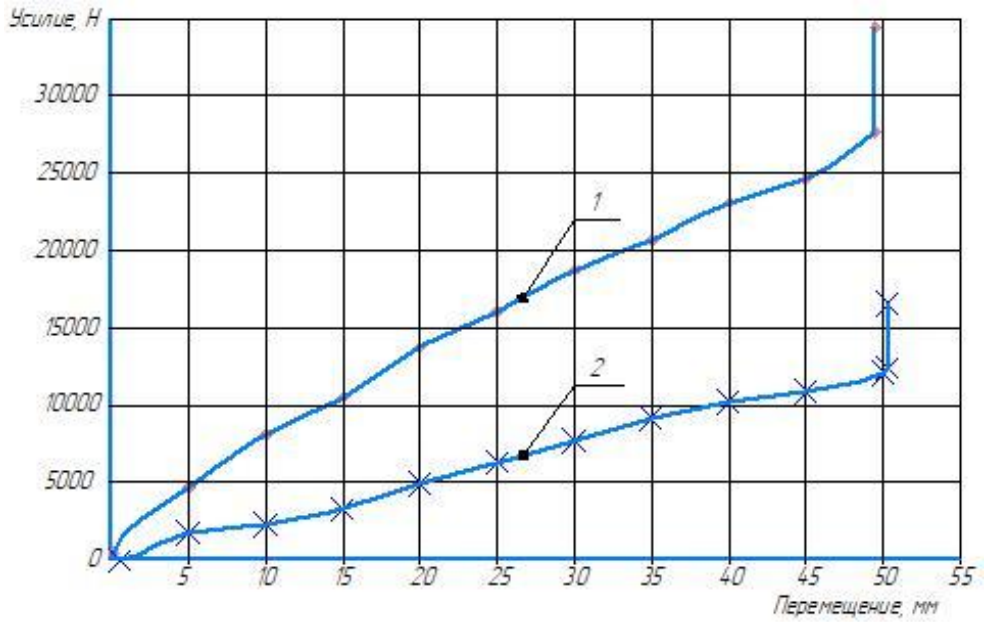


Рисунок 1 – Зависимость усилий запрессовки, материал вал–втулка чугун Сч20: 1 – с герметиком, 2 – без герметика

Объектом исследования является соединение вал–втулка, конкретно соединение направляющей втулки с крышкой блока цилиндра двигателя внутреннего сгорания Д50.

Исходные данные:

– наружный диаметр втулки (посадочная поверхность) – 38 мм;

– внутренний диаметр – 22 мм;

– длина посадочного пояса – 110 мм;

– материал – чугун СЧ20.

В процессе исследования было выявлено, что рабочая поверхность длиной 110 мм является слишком протяжённой, что требует выполнения разгрузочных канавок, обусловленных хрупкостью материала (чугуна).

Характеристики чугуна Сч20 приведены в таблице 1.

Таблица 1 – Исходные данные

Параметр	Обозначение	Значение	Источник
Номинальный диаметр соединения	d	38 мм = 0,038 м	Чертёж
Внутренний диаметр втулки	d_1	22 мм = 0,022 м	Чертёж
Наружный диаметр крышки (принят)	d_2	100 мм = 0,1 м	Оценочно
Модуль упругости чугуна СЧ20	E	$1{,}0 \cdot 10^{11}$ Па	Справочные данные
Коэффициент Пуассона	μ	0,25	Справочные данные
Коэффициент трения (чугун–чугун)	f	0,14	Справочные данные

Параметр	Обозначение	Значение	Источник
Предел прочности СЧ20 при растяжении	$\sigma_в$	176 МПа = $176 \cdot 10^6$ Па	Заключение ИЦД
Длина посадочного пояса	L	110 мм = 0,11 м	Наше указание
Осевая сила (консервативно)	$R_{ос}$	2000 Н	Принято для запаса

Предлагаемое техническое решение:

– использовать всю длину посадочного пояса (110 мм) для размещения уплотнительных элементов;

– предусмотреть разгрузочные канавки на торцах соединения для снижения концентрации напряжений;

– назначить рабочий натяг в диапазоне 30–40 мкм.

Рассчитываем минимальный натяг из условия неподвижности [4]:

$$N'_{min} = [p_{min}] \cdot d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \quad (1)$$

$$N'_{min} = 1{,}088 \cdot 10^6 \cdot 0{,}038 \cdot \left(\frac{1{,}758}{10^{11}} + \frac{1{,}587}{10^{11}}\right)$$

$$N'_{min} = 1{,}088 \cdot 10^6 \cdot 0{,}038 \cdot 3{,}345 \cdot 10^{-11} = 1{,}383 \cdot 10^{-6}\ \text{м} = 1{,}383\ \text{мкм}$$

Требуемое контактное давление при осевой силе Rос = 2000 Н и коэффициенте трения f = 0,14, [$p$min] = 1,088 МПа.

Минимальный расчётный натяг: Nmin = 1,383 мкм.

С поправкой на шероховатость u = 13,75 мкм: [Nmin] = 15,13 мкм ≈ 0,015 мм.

Максимальный натяг из условия прочности [4]:

$$N'_{max} = [p_{max}] \cdot d \cdot \left(\frac{C_1}{E_1} + \frac{C_2}{E_2}\right) \quad (2)$$

$$N'_{max} = 58{,}5 \cdot 10^6 \cdot 0{,}038 \cdot 3{,}345 \cdot 10^{-11} = 7{,}44 \cdot 10^{-5}\ \text{м} = 74{,}4\ \text{мкм}$$

Для хрупкого чугуна критерий – предел прочности при растяжении $\sigma_в$ = 176 МПа: [$p$max] = 58,5 МПа.

Максимальный расчётный натяг: Nmax = 74,4 мкм.

С поправкой на шероховатость: [Nmax] = 88,15 мкм ≈ 0,088 мм.

Таким образом, рабочий диапазон натягов: 0,015…0,088 мм. Принимаем рабочий натяг N = 0,040 мм.

Расчёт показал, что при длине посадки 110 мм и наружном диаметре 38 мм требуемый натяг для обеспечения неподвижности составляет всего 0,015 мм, что значительно ниже максимально допустимого (0,088 мм). Это создаёт широкий диапазон для выбора рабочего натяга. Принятый натяг 0,040 мм обеспечивает как надёжное удержание втулки, так и герметичность за счёт пластической деформации выступов, заполняющих микронеровности.

Применение разгрузочных канавок позволяет снизить концентрацию напряжений у торцов соединения и выровнять эпюру контактного давления. Напряжения в выступах при рабочем натяге не превышают 142 МПа, что гарантирует отсутствие пластических деформаций и разрушения.

Предложенная конструкция может быть изготовлена методом накатки на станке с ЧПУ, что не требует существенного изменения существующего технологического процесса.

Разработано техническое решение, обеспечивающее герметичность соединения с натягом без применения герметика. За счёт увеличения длины посадочного пояса до 110 мм и рационального размещения кольцевых выступов достигнуто выполнение всех условий: неподвижность, прочность, герметичность. Расчёты подтверждают работоспособность конструкции. Предложенное решение может быть внедрено в производство.

Список использованных источников

1. Курносов Н.Е., Лебединский К.В., Накашидзе Ю.Ю. Соединения с натягом, собираемые осевым способом и экспериментальное определение их герметичности по предложенному техническому решению // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Технические науки. 2025. № 2. С. 98–109.

2. Патент РФ № 2835085 C1, МПК F16B 4/00. Соединение с натягом / Курносов Н.Е., Накашидзе Ю.Ю., Муйземнек А.Ю., Нестеров С.А., Федоренко А.К. Опубл. 21.02.2025.

3. Накашидзе Ю.Ю., Федоренко А.К. Посадки с натягом, виды и применение в различных отраслях промышленности // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: сборник статей XI Всероссийской научно–технической конференции. Пенза, 2025. С. 213–216.

4. Жуков, К.П. Проектирование деталей и узлов машин: учебник / К. П. Жуков, Ю. Е. Гуревич. – 2–е изд., перераб. и доп. – Москва: Машиностроение, 2014. – 647 с.

A METHOD FOR ENSURING THE SEALING OF INTERFERED JOINTS WITHOUT THE USE OF A SEALANT

Y.Y. Nakashidze, A.K. Fedorenko, R.M. Nakashidze

Penza State University,
Penza, Russia

The article examines the problem of ensuring the sealing of interference joints in the «cylinder head – guide bushing» assembly of a D50-type internal combustion engine. It has been shown that the use of silicone sealant increases the pressing force required for the joint and does not fully solve the problem. A technical solution based on shaping the surface of the mating part is proposed. The results of calculating the required interference fit to ensure the joint’s stability are presented.

Keywords: interference fit joint, tightness, annular projections, guide bushing, D50 internal combustion engine.

УДК 629

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИЯХ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Э.И. Нугуманова

Казанский национальный исследовательский технический университет им. А. Н. Туполева – КАИ, г. Казань, Россия

Одним из перспективных направлений совершенствования автомобильных конструкций является применение полимерных композиционных материалов, способных сочетать сравнительно небольшую плотность с высокими удельными механическими характеристиками. Данное направление рассматривается в статье.

Ключевые слова: полимерные композиционные материалы, автомобилестроение, автомобиль, конструкционные полимеры, конструкция.

На протяжении длительного периода основными материалами для изготовления силовых и кузовных элементов автомобилей являлись стали и сплавы цветных металлов, которые обладают высокими механическими характеристиками, технологичны и обеспечены развитой производственной инфраструктурой, при этом и хорошо изучены. Но, вместе с тем, повышение обусловливается необходимость поиска альтернативных материалов, позволяющих уменьшать массу автомобиля без недопустимого ухудшения его эксплуатационных характеристик. И в этом контексте, одним из наиболее перспективных классов таких материалов являются полимерные композиционные материалы – ПКМ.

Для автомобильной промышленности ПКМ имеют принципиальное значение, так как современный автомобиль состоит из большого количества элементов, условия работы которых существенно различаются, и, материал наружной кузовной панели должен отвечать одним требованиям, материал подшипника скольжения – другим, а конструкция силового элемента кузова – третьим. Именно поэтому универсального полимерного композиционного материала, одинаково эффективного для всех автомобильных деталей, не существует. И тут рациональный выбор ПКМ должен осуществляться с учётом механических и температурных нагрузок, условий трения, воздействия влаги и химически активных веществ, требований пожарной безопасности, технологии производства, стоимости и возможности последующей переработки.

Полимерные и композиционные материалы уже применяются при изготовлении наружных и внутренних элементов автомобилей, бамперов, панелей, корпусов, кожухов, деталей интерьера, элементов систем вентиляции, подшипников скольжения, втулок, направляющих, уплотнений и других компонентов. И их принципиальное преимущество композиционных материалов заключается не только в небольшой плотности, а возможности получать высокие удельные

характеристики, то есть высокую прочность или жёсткость по отношению к массе материала. Для транспортного средства это особенно важно, поскольку уменьшение массы конструкции способно снижать инерционные нагрузки и энергетические затраты на движение.

Структура полимерного композиционного материала в значительной степени определяет его эксплуатационные возможности.

Основными компонентами ПКМ являются полимерная матрица и наполнитель, и, в высокопрочных конструкционных материалах наполнитель, как правило, выполняет армирующую функцию.

Матрица объединяет отдельные армирующие элементы в единую систему, обеспечивает сохранение геометрической формы изделия, передаёт и распределяет механическую нагрузку между армирующими компонентами, а также защищает их от воздействия окружающей среды и механических повреждений. Таким образом, роль полимерной матрицы нельзя сводить исключительно к функции связующего вещества: от её свойств во многом зависят температурная устойчивость, химическая стойкость, сопротивление межслойному разрушению, ударное поведение и технологические особенности композиционного материала.

В качестве матрицы применяются термореактивные и термопластичные полимеры.

Термореактивные системы после отверждения формируют пространственную структуру и не способны повторно плавиться обычным образом. К распространённым представителям относятся эпоксидные и полиэфирные связующие, которые широко используются при изготовлении армированных изделий благодаря хорошей адгезии к волокнам и возможности получения материалов с высокими механическими характеристиками.

Термопластичные матрицы способны размягчаться при нагревании и вновь переходить в твёрдое состояние после охлаждения, и, к ним относятся различные полиамиды, полипропилен и ряд высокотемпературных конструкционных термопластов. Для автомобильной промышленности термопластичные ПКМ представляют особый интерес благодаря потенциально высокой производительности процессов формования, возможности изготовления сложных деталей и более благоприятным возможностям повторной переработки по сравнению со многими термореактивными системами.

Армирующий компонент, в свою очередь, воспринимает значительную часть механической нагрузки и во многом определяет прочность и жёсткость композиционного материала. В качестве его компонентов используются стеклянные, углеродные, базальтовые, органические и другие виды волокон. Причем, наполнители могут применяться не только в форме непрерывных волокон, но и в виде коротких волокон, частиц, тканей, лент и различных пространственных структур. А выбор конкретного типа наполнителя зависит от назначения детали, способа её изготовления, характера нагружения и экономических требований.

Одними из наиболее распространённых армированных полимерных материалов являются стеклопластики.

Сочетание сравнительно доступного стеклянного волокна с полимерной матрицей позволяет получать материалы с хорошими механическими и эксплуатационными свойствами при приемлемой стоимости, которые также обладают коррозионной стойкостью, электроизоляционными свойствами и относительно небольшой плотностью. В автомобилестроении они могут применяться при изготовлении кузовных и облицовочных элементов, панелей, корпусов и других компонентов.

А вот более высокие удельные характеристики могут обеспечивать углепластики, армированные углеродными волокнами. Они отличаются высокой удельной жёсткостью и способны обеспечивать значительное снижение массы конструкции, и по этой причине углепластики особенно востребованы в тех областях транспортного машиностроения, где уменьшение массы имеет существенное функциональное значение. Однако их массовое применение в автомобилях ограничивается прежде всего стоимостью исходных компонентов и производственных процессов, поэтому углепластиковые детали особенно характерны для спортивных, высокопроизводительных, премиальных и специализированных автомобилей, хотя развитие производственных технологий постепенно расширяет потенциальную область их использования.

Механические характеристики ПКМ определяются не только химическим составом отдельных компонентов, так как тут важны содержание наполнителя, его геометрия, пространственное расположение, качество сцепления с матрицей, пористость и наличие технологических дефектов. Именно поэтому два композиционных материала, изготовленных из химически одинаковых компонентов, но имеющих различную структуру армирования, могут существенно различаться по эксплуатационным характеристикам. К примеру, однонаправленный композиционный материал характеризуется наиболее высокими прочностью и жёсткостью преимущественно в направлении расположения армирующих волокон, а в поперечном направлении его свойства могут быть значительно ниже. Это явление называется анизотропией и представляет собой одновременно одно из главных преимуществ и одну из основных сложностей использования волокнистых ПКМ.

Свойства ПКМ определяются также качеством границы раздела между матрицей и армирующим компонентом, поэтому для эффективного восприятия механической нагрузки необходимо обеспечить её передачу от полимерной матрицы к армирующим элементам.

Особый интерес для автомобилестроения представляет снижение массы конструкции.

Традиционно значительная часть силовых и кузовных деталей автомобилей изготавливается из сталей: металлические материалы сохраняют исключительно важную роль благодаря высокой прочности, технологичности, ремонтопригодности и экономической эффективности массового производства. И в этом случае развитие ПКМ не означает полного отказа от металлов, скорее, бо-

лее перспективным является рациональное сочетание различных классов материалов в одной конструкции.

Особенно актуальным снижение массы становится для электрических автомобилей, значительная часть массы которых может приходиться на аккумуляторную систему, а использование облегчённых конструкционных материалов способно частично компенсировать дополнительную массу энергетической установки. Вместе с тем применение ПКМ вблизи аккумуляторных систем требует учёта механической безопасности, температурного поведения, пожарных характеристик и особенностей повреждения материала при аварийных нагрузках.

Полимеры и ПКМ способны также влиять на виброакустические характеристики транспортного средства, так как многие полимерные материалы характеризуются сравнительно высокой способностью рассеивать энергию механических колебаний. Итогом, при рациональном выборе конструкции это свойство может использоваться для уменьшения передачи вибраций между элементами и снижения уровня структурного шума (подобные характеристики особенно востребованы в деталях салона, крепёжных элементах, корпусах, кожухах и других компонентах, связанных с акустическим комфортом).

В автомобильной технике используются не только высокопрочные волокнистые композиты, но и конструкционные полимеры и материалы триботехнического назначения. Характерным примером являются фторполимеры, в частности политетрафторэтилен. ПТФЭ характеризуется низким коэффициентом трения и высокой химической стойкостью, благодаря чему материалы на его основе применяются в узлах, где необходимо обеспечить надёжное скольжение и устойчивость к воздействию агрессивных веществ.

Таким образом, в отличие от традиционных конструкционных материалов ПКМ предоставляют возможность управлять характеристиками изделия не только посредством изменения его геометрии, но и посредством проектирования внутренней структуры материала. И поэтому в автомобилестроении применяются как высокопрочные волокнистые ПКМ, так и конструкционные полимеры и наполненные полимерные композиции специального назначения.

Список использованных источников

1. Беспалов, В.Ф. Практикум по материаловедению и технологии конструкционных материалов: Учебное пособие для студентов, обучающихся по направлениям подготовки / В.Ф. Беспалов, Н.М. Романченко. – Красноярск: Красноярский государственный аграрный университет, 2014. – 322 с.

2. Полимерные композиционные материалы и технологии в автомобилестроении (обзор) / М.И. Валуева, А.А. Начаркина, А.М. Губин // Труды ВИАМ. – 2022. – № 1(107). – С. 53–65. – DOI 10.18577/2307–6046–2022–0–1–53–65.

POLYMER COMPOSITE MATERIALS IN MODERN CAR DESIGNS

E.I. Nugumanova

Kazan National Research Technical University named after A.N. Tupolev – KAI, Kazan, Russia

One of the promising areas for improving automotive structures is the use of polymer composite materials capable of combining a relatively low density with high specific mechanical characteristics. This area is discussed in the article.

Keywords: polymer composite materials, automotive, automobile, structural polymers, construction.

УДК 621.436

РАСЧЁТНО–ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОРШНЕ ДИЗЕЛЯ

М.Г. Ольховой, Ф.Б. Барченко

Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана, г. Москва, Россия

Высокотемпературные отложения (лак и нагар) в зоне поршневых колец снижают ресурс цилиндропоршневой группы дизеля. Рассмотрены факторы, определяющие образование отложений, и существующие подходы к их прогнозированию: эмпирические, детерминированные, химико–кинетические модели и модели типа «чёрного ящика». Показано, что ни один из подходов в отдельности не позволяет количественно прогнозировать отложения для конкретного двигателя. Предложен расчётно–экспериментальный подход, сочетающий расчёт теплового состояния деталей цилиндропоршневой группы с кинетическим уравнением типа Аррениуса, параметры которого определяются по результатам моторных испытаний. Описана структура подхода и план его экспериментальной реализации на одноцилиндровом дизеле воздушного охлаждения.

Ключевые слова: дизель, поршень, высокотемпературные отложения, лак, нагар, моторное масло, тепловое состояние, уравнение Аррениуса, энергия активации, прогнозирование.

Ресурс быстроходного дизеля во многом определяется состоянием цилиндропоршневой группы (ЦПГ). Одной из причин её преждевременного износа и отказов являются высокотемпературные отложения – лак на боковой поверхности поршня и нагар в канавках поршневых колец и на днище. Они образуются в результате термоокислительных превращений моторного масла и продуктов неполного сгорания топлива на нагретых поверхностях деталей.

Наиболее опасное следствие отложений – потеря подвижности поршневых колец. Когда зазор между кольцом и стенками канавки заполняется углеродистыми продуктами, кольцо перестаёт прилегать к зеркалу цилиндра: растут прорыв газов в картер и угар масла, нарушается смазывание пары «кольцо – гильза», повышается вероятность задира [1]. Нагар на днище поршня и в камере сгорания изменяет её объём и ухудшает теплообмен, что приводит к снижению мощности и топливной экономичности дизеля и к росту максимального давления цикла [2]. Лаковые отложения являются тепловым барьером, препятствующим теплоотводу от поршня, что приводит к повышению температуры во всём его объёме [3]. Продукты термического превращения масла, попадая в картер, загрязняют масло, повышают его вязкость и ускоряют его старение, что, в свою очередь, усиливает образование отложений [4, 5].

Образование отложений – многофакторный процесс. Влияющие факторы удобно объединить в четыре группы (табл. 1).

Таблица 1 – Группы факторов, определяющих образование высокотемпературных отложений

Группа факторов	**Примеры**	**Как учитываются в предлагаемом подходе**
Конструкция двигателя	геометрия поршня и колец, зазоры, система охлаждения	расчётом теплового состояния ЦПГ
Условия работы	нагрузка, частота вращения, температура окружающего воздуха	граничными условиями теплового расчёта
Механизм образования отложений	термоокисление, полимеризация, коксование масла	кинетическим уравнением
Свойства моторного масла	состав базового масла, пакет присадок, степень старения	параметрами кинетического уравнения

Две первые группы действуют на процесс не напрямую, а через температуру поверхностей ЦПГ и условия подвода масла к зоне колец [6]. Именно температура поверхности является ключевым параметром, связывающим конструкцию и режим работы двигателя с химией образования отложений. Так, при температуре поршня над верхним компрессионным кольцом выше 250–260°C моторные масла интенсивно образуют лак, что приводит к залеганию колец [3].

Существующие подходы к прогнозированию отложений можно разделить на четыре направления:

1. Эмпирические и полуэмпирические зависимости связывают количество отложений с отдельными параметрами работы двигателя по результатам испытаний; они просты, но справедливы только в условиях исходного эксперимента.

2. Детерминированные модели описывают теплообмен в ЦПГ [6], гидродинамику масляной плёнки и перенос масла кольцами, однако не содержат описания химических превращений масла.

3. Химико–кинетические исследования раскрывают механизм радикально–цепного окисления углеводородов, их полимеризации и коксования [7], но не связаны с условиями в конкретном двигателе.

4. Наконец, для обработки экспериментальных данных термических процессов превращения нефтяных продуктов, в частности коксования, применяются модели типа «чёрного ящика» на основе искусственных нейронных сетей [8]. Они аппроксимируют нелинейные зависимости без описания механизма процесса, а число слоёв и нейронов сети подбирается опытным путём [8]. Такие модели требуют большого объёма согласованных экспериментальных данных, а их параметры не имеют физического смысла, что затрудняет перенос результатов на другие двигатели.

Таким образом, ни одно из направлений в отдельности не даёт количественного прогноза отложений для заданного двигателя и режима.

В данной работе предлагается подход, который объединяет сильные стороны детерминированного и кинетического направлений (рис. 1).

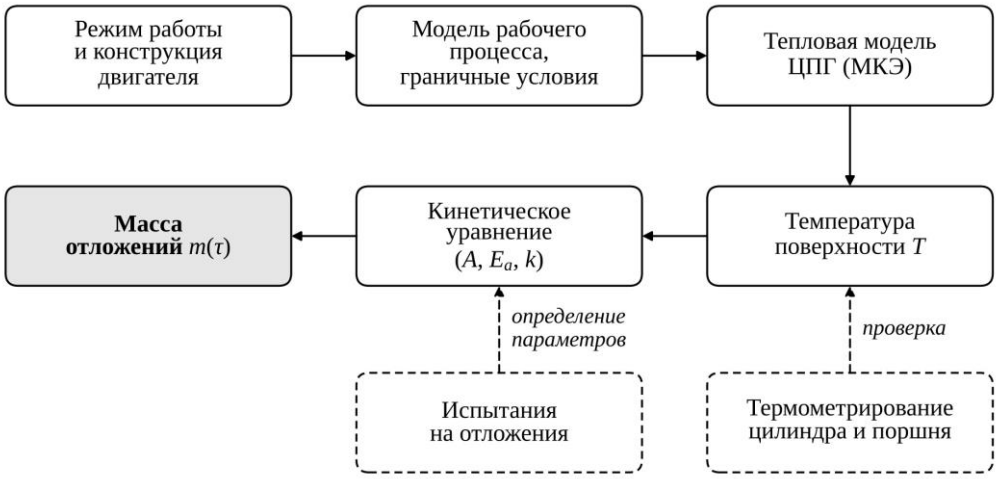


Рисунок 1 – Структура расчётно–экспериментального подхода к прогнозированию отложений

Тепловое состояние деталей ЦПГ рассчитывается методом конечных элементов с граничными условиями, полученными из модели рабочего процесса, и проверяется термометрированием. Результат расчёта – температура поверхности T в зонах образования отложений: на жаровом поясе, в зоне канавки первого компрессионного кольца, на боковой поверхности поршня.

Процесс образования отложений описывается не детальной химической кинетикой многокомпонентного масла, а эффективной (брутто–) кинетикой типа Аррениуса с учётом одновременного удаления отложений (выгорания и смыва):

$$\frac{dm}{d\tau} = A\Phi\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) - km \qquad (1)$$

где m – удельная масса отложений, кг/м^2; τ – время работы, с; A – предэкспоненциальный множитель; Φ – множитель, учитывающий подвод масла к поверхности; E_a – эффективная энергия активации, Дж/моль; R – универсальная газовая постоянная, Дж/(моль·К); T – температура поверхности, К; k – коэффициент удаления отложений, с$^{-1}$.

При постоянной температуре решение уравнения выходит на насыщение:

$$m(\tau) = m_\infty[1 - \exp(-k\tau)],\ \ m_\infty = \frac{A\Phi}{k}\exp\left(-\frac{E_a}{RT}\right) \qquad (2)$$

Такой характер накопления согласуется с наблюдаемым существованием предельной толщины слоя нагара [2]. Наличие члена удаления подтверждается и тем, что при повышении температуры днища поршня со 100 до 300 °С толщина нагара уменьшается примерно с 0,45–0,50 до 0,10–0,15 мм вследствие его выгорания [3]. Параметры A, E_a и k определяются по результатам моторных испытаний на нескольких уровнях температуры: в координатах $\ln(dm/d\tau) - 1/T$ начальный участок накопления отложений даёт прямую, наклон которой равен $-E_a/R$.

В отличие от модели «чёрного ящика», параметры уравнения имеют физический смысл и находятся по ограниченному числу опытов. Кинетические параметры характеризуют прежде всего масло и механизм процесса, а конструкция двигателя и режим работы учитываются через рассчитанную температуру. Это открывает возможность переноса результатов на двигатели другой размерности.

Из экспоненциальной зависимости следует жёсткое требование к точности определения температуры. При $E_a \approx 100$ кДж/моль и $T \approx 550$ К погрешность температуры в 10 К изменяет расчётную скорость образования отложений примерно в 1,5 раза. Поэтому верификация теплового расчёта является обязательной частью подхода.

Экспериментальная реализация подхода выполняется на установке на базе одноцилиндрового дизеля воздушного охлаждения 1Ч8,6/7,2 (рабочий объём 415 см^3) с электрическим нагрузочным устройством. Предусмотрены термометрирование цилиндра термопарами, а поршня – плавкими вставками из припоев с откалиброванной температурой срабатывания, и испытания на отложения при различных уровнях температуры поршня, задаваемых нагрузкой и условиями охлаждения.

Выводы.

1. Ни один из существующих подходов в отдельности не обеспечивает количественного прогноза высокотемпературных отложений на поршне конкретного дизеля.

2. Предложен расчётно–экспериментальный подход, связывающий конструкцию и режим работы двигателя с образованием отложений через температуру поверхностей ЦПГ, а свойства масла – через параметры кинетического уравнения типа Аррениуса.

3. Высокая чувствительность скорости образования отложений к температуре требует экспериментальной проверки теплового расчёта; для этого разработана экспериментальная установка на базе дизеля 1Ч8,6/7,2.

Список использованных источников

1. Руднев, С.Г. Причины преждевременного залегания поршневых колец / С.Г. Руднев, Я.А. Корж // Современные наука и образование: достижения и перспективы развития: материалы Национальной научно–практической конференции: в 2 частях, Керчь, 15 мая 2021 года. Том Часть 1. – Керчь: ФГБОУ ВО

«Керченский государственный морской технологический университет», 2021. – С. 114–118. – EDN ANRYUS.

2. Катаев, Ю.В. Исследование механизма образования нагароотложений в двигателе / Ю.В. Катаев, Д.Г. Вялых // Сельский механизатор. – 2015. – № 11. – С. 38–40. – EDN VAAURB.

3. Кузьмин, Н.А. Исследование отложений в автомобильных двигателях / Н.А. Кузьмин, В.В. Зеленцов, И.О. Донато // Труды НГТУ им. Р.Е. Алексеева. – 2010. – № 2(81). – С. 156–165. – EDN NXYDTH.

4. Порохня, А.А. Влияние элементов загрязнения на состояние моторного масла дизельного двигателя внутреннего сгорания в процессе эксплуатации / А.А. Порохня, И.Ю. Якименко // Проблемы технической эксплуатации и автосервиса подвижного состава автомобильного транспорта: Сборник научных трудов, посвященный 85–летию кафедры ЭАТиС МАДИ, по материалам 79–й научно–методической и научно–исследовательской конференции МАДИ, Москва, 26–27 января 2021 года. – Москва: Московский автомобильно–дорожный государственный технический университет (МАДИ), 2021. – С. 111–114. – EDN BVOOMR.

5. Шаталов, К.В. Механизм образования низкотемпературных отложений в смазочной системе дизельного двигателя / К.В. Шаталов, М.Д. Прокопцова, С.Н. Волгин // Нефтепереработка и нефтехимия. Научно–технические достижения и передовой опыт. – 2023. – № 11–12. – С. 38–43. – EDN YFSRTY.

6. Жуков, В.А. Влияние износа деталей цилиндропоршневой группы дизеля на температурное состояние поршня / В.А. Жуков, О.В. Мельник, Л.В. Тузов // Вестник государственного университета морского и речного флота им. адмирала С.О. Макарова. – 2018. – Т. 10, № 5. – С. 1040–1052. – DOI 10.21821/2309–5180–2018–10–5–1040–1052. – EDN YQXNKP.

7. Эмануэль, Н.М. Цепные реакции окисления углеводородов в жидкой фазе / Н.М. Эмануэль, Е.Т. Денисов, З.К. Майзус. – Москва: Наука, 1965. – 375 с.

8. Леонов, М.Г. Обработка экспериментальных данных процесса коксования с помощью нейронных сетей / М.Г. Леонов, Б.С. Жирнов // Электронный научный журнал Нефтегазовое дело. – 2014. – № 2. – С. 151–165. – EDN STGXWV.

A COMPUTATIONAL AND EXPERIMENTAL APPROACH TO PREDICTING HIGH–TEMPERATURE DEPOSITS ON A DIESEL ENGINE PISTON

M.G. Olkhovoy, F.B. Barchenko

Bauman Moscow State Technical University, Moscow, Russia

High–temperature deposits (lacquer and carbon) in the piston ring zone reduce the service life of the diesel engine cylinder–piston group. The factors governing deposit formation and the existing approaches to their prediction are reviewed: empirical, deterministic and chemical–kinetic models, as well as black–box models. It is

shown that none of these approaches alone provides a quantitative prediction of deposits for a specific engine. A computational and experimental approach is proposed that combines the calculation of the thermal state of cylinder–piston group parts with an Arrhenius–type kinetic equation whose parameters are determined from engine tests. The structure of the approach and the plan for its experimental implementation on an air–cooled single–cylinder diesel engine are described.

Keywords: diesel engine, piston, high–temperature deposits, lacquer, carbon deposits, engine oil, thermal state, Arrhenius equation, activation energy, prediction.

УДК 62–1/–9

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА

М.Д. Поздняков, Г.С. Большаков

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

Одним из ключевых параметров фрезерно–расточного станка является жесткость выдвижного шпинделя, которая определяет точность обработки, качество поверхности, производительность станка. Выполнен расчет радиальной жесткости шпиндельного узла проектируемого станка, по типу базового модели 2627ПМФ4М при различных значениях вылета шпинделя.Расчет жесткости шпиндельного узла позволяет учитывать упругие деформации в процессе резания, назначая необходимые для обеспечения заданной точности станка режимы резания, при различных положениях вылета шпинделя.

Ключевые слова: жесткость, шпиндель, шпиндельный узел, вылет, точность.

Одним из ключевых параметров фрезерно–расточного станка является жесткость выдвижного шпинделя, которая определяет точность обработки [1], качество поверхности, производительность станка. Выполнен расчет радиальной жесткости шпиндельного узла проектируемого станка, по типу базового модели 2627ПМФ4М при различных значениях вылета шпинделя.

Конструкция шпиндельного узла [2] (рисунок 1) состоит из гильзы 1, шпинделя 2, втулок 3, зубчатого колеса 4, стопорных колец 5, шпонки 6. Выдвижной шпиндель способен перемещаться на втулках вдоль оси, выдвигаясь на расстояние до 836 мм. Вылет полностью задвинутого шпинделя – 110 мм. Крутящий момент от зубчатого колеса 4, установленном на гильзе 1, на внутренний шпиндель передается через призматическую шпонку 6 [3]. При выдвижении внутреннего шпинделя, шпонка 6, закрепленная на гильзе 1 перемещает-

ся по шпоночному пазу, нарезанному на внутреннем шпинделе. При больших вылетах шпинделя необходимо уменьшать силу резания.

Под действием сил резания шпиндель упруго деформируется. При низкой жесткости прогиб конца шпинделя приводит к отклонению реального положения инструмента от запрограммированного.

Радиальное упругое перемещение переднего конца шпинделя перемещение δΣ, мм для способа обработки через планшайбу [4]:

$$\delta_{\Sigma} = P\left(\frac{a^3}{3EJ_1} + \frac{la^2(1-\xi)}{3EJ_2} + \frac{j_A a^2(1-\xi) + j_B[l + a(1-\xi)]^2}{j_A j_B l^2}\right) + Q(1-\xi)\left[\frac{j_B(l+a)(l-b) - j_A}{j_A j_B l^2} - \frac{a}{3EJ_2 l}(b^3 + 2l^2 b - 3lb^2)\right]$$

где E – модуль упругости материала шпинделя, Па, $E = 2 \cdot 10^5$;

J_1, J_2 – осевые моменты инерции сечения консоли и межопорного участка шпинделя (гильзы), мм^4;

j_A, j_B – радиальная жесткость опор (принимаются по графическим зависимостям жесткости подшипников в зависимости от их диаметров [1, с. 38]), Н/мм, $j_A = 1{,}6 \cdot 10^6$, , $j_B = 1{,}4 \cdot 10^6$;

a –расстояние между опорой А и вектором силы резания, мм

l –расстояние между опорами А и В, мм, $l = 606$;

b – расстояние между опорой А и силой Q, прикладываемой от зубчатой цилиндрической передачи, мм, $b = 236$;

P и Q – максимальные силы резания и зубчатого зацепления соответственно, Н, $P = 7850$, $Q = F_{t\,з-шп} = 4130$.

Осевой момент инерции межопорного участка внутреннего шпинделя равен осевого моменту инерции консоли.

Обработка может выполняться двумя способами, инструментом закрепленным на выдвижном шпинделе, а также с помощью планшайбы, установленной на конце гильзы. В данной работе рассмотрен способ обработки через выдвижной шпиндель. На конец выдвижного шпинделя действует сила резания P, изгибая внутренний шпиндель. Сила реакций опор внутреннего шпинделя передаются через втулки и гильзу на подшипники. На гильзу действует радиальная и тангенциальная сила зубчатого зацепления Q. При способе обработки через выдвижной шпиндель, сила Q не оказывает практически влияния на деформацию внутреннего шпинделя, так как упруго деформируется только гильза, что является результатом расчета методом конечных элементов [5]. В таком случае для способа обработки через выдвижной шпиндель сила Q принимается равной нулю [6].

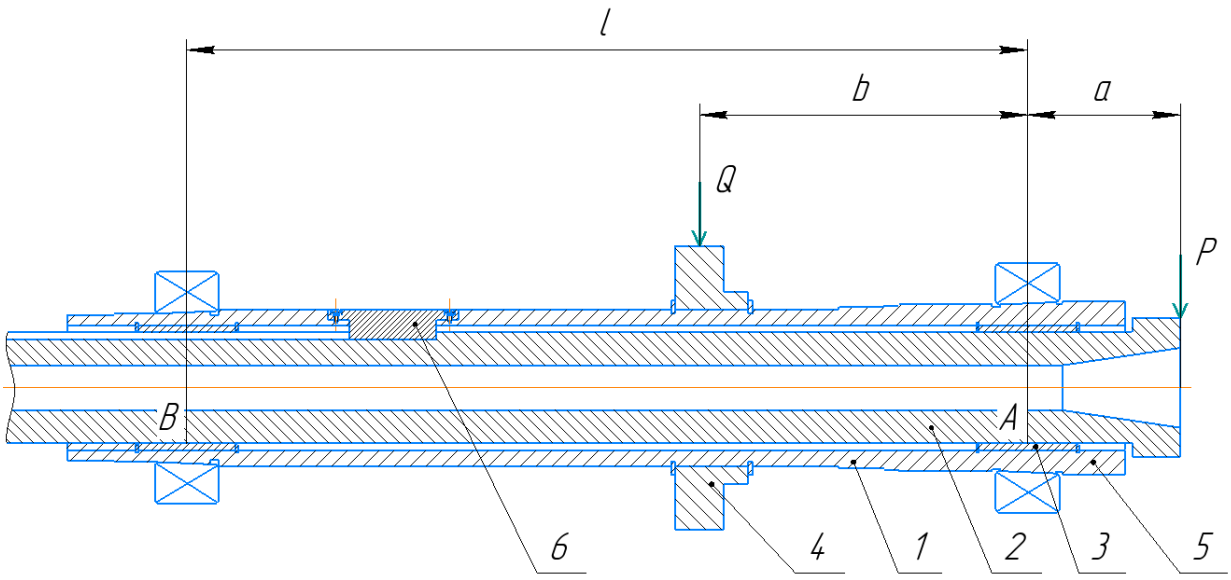


Рисунок 1 – Вид выдвижного шпинделя

Радиальное упругое перемещение переднего конца шпинделя перемещение δΣ, мм для способа обработки через выдвижной шпиндель:

$$\delta_{\Sigma} = P\left(\frac{a^3}{3EJ_1} + \frac{la^2(1-\xi)}{3EJ_2} + \frac{j_A a^2(1-\xi) + j_B[l + a(1-\xi)]^2}{j_A j_B l^2}\right)$$

где J_1, J_2 – осевые моменты инерции сечения консоли и межопорного участка внутреннего шпинделя, мм^4, $J_1 = 1{,}96 \cdot 10^6$, $J_2 = 1{,}96 \cdot 10^6$;

$$J_1 = J_2 = \frac{\pi D^4}{64}\left(1 - \left(\frac{d}{D}\right)^4\right);$$

гдеd–внутренний диаметр вала, мм, $d = 32{,}4$мм;

D–внешний диаметр вала, мм, $d = 80$мм.

По формуле радиального упругого перемещения переднего конца шпинделя составлена зависимость жесткости шпиндельного вала от расстояния между опорой А и вектором силы резания – вылета a.

Расчет жесткости шпинделя проводится при различных значения вылета шпинделя a. Минимальное значение вылета исходя из конструктива шпинделя принято $a = 110$ мм. Максимальное значение – $a = 836$ мм.Промежуточные значения приняты с интервалом в 50 мм.

График зависимости жесткости шпиндельного узла от вылета представлен при максимальной силе резания $P = 7850$Н на рисунке 1.

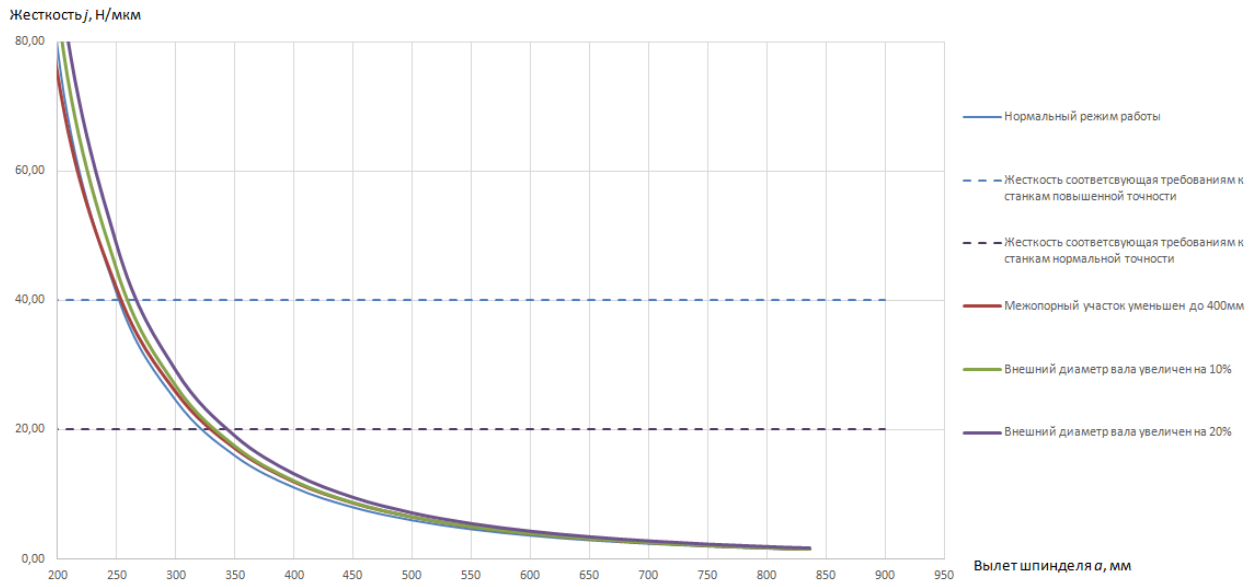


Рисунок 2 – График зависимости жесткости шпиндельного узла от вылета

На рисунке рассмотрена область с вылетом шпинделя в диапазоне от 200 до 836мм, так как именно в этой области график становится не линейным. Штриховыми горизонтальными линиями показаны жесткость шпинделя, соответствующая требованиям точности станка: нормальной точности (от 20 до 40 Н/мкм) и повышенной точности (от 40 Н/мкм). При вылете шпинделя свыше 250 мм, станок перестает отвечать требованиям повышенной точности, а при вылете свыше 315мм – требованиям нормальной точности.

Уменьшение межопорного участка не привело к значительным изменениям. Увеличение диаметра вала (консоли и межопорного участка) на 10 % увеличило вылет шпинделя для соответствия требованиям повышенной точности с 250 до 260мм (+4 %), а для соответствия требованиям нормальной точности с 320 до 330 (+3,1 %) мм. Увеличение диаметра вала на 20 % увеличило вылет шпинделя для соответствия требованиям повышенной точности с 250 до 270 (+8 %) мм, а для соответствия требованиям нормальной точности с 315 до 345 мм (+9,5 %).

Увеличение диаметра вала незначительно увеличивает вылет шпинделя для обеспечения требуемой точности при максимальной нагрузке. Для растачивания глубоких отверстий, необходимо уменьшить силу резания.

Список использованных источников

1. Михеев И.И. Приводы главного движения и шпиндельные узлы металлорежущих станков. Учебное пособие. – Пенза: Пенз. гос. тенх. ун–т. 1994 г. – 168 с.

2. Решетов., Д.Н. Детали и механизмы металлорежущих станков / Д.Н. Решетов – М.: Машиностроение, 1972 – 520 с.

3. Металлорежущие станки: учебник для машиностроительных М54 втузов / Под ред. В.Э. Пуша. – М.: Машиностроение, 1985. – 256 с., ил.

4. Михеев И.И. Расчет и конструирование металлорежущих станков: Учеб. пособие / И.И. Михеев, Е.Н. Ярмоленко, В.Н. Денисов. – Пенза: Изд–во Пенз. гос. ун–та, 2005. – 152 с.

5. Алямовский А.А. SolidWorks 2007/2008. Компьютерное моделирование в инженерной практике / А.А. Алямовский[и др.] – СПб.: БХВ–Петербург, 2008. – 1040 с.

6. Липов А.В. Расчет деформаций элементов технологической системы при механической обработке / А.В. Липов, Г.С. Большаков, А.Л. Чернов // Современные технологии в машиностроении: сб. ст. XIV Междунар. науч.–практ. Конф. – Пенза: ПДЗ, 2010. – с. 120–122.

ANALYSIS OF THE STIFFNESS OF THE SPINDLE UNIT

M.D. Pozdnyakov, G.S. Bolshakov

Penza State University,
Penza, Russia

One of the key parameters of a milling and boring machine is the stiffness of the extendable spindle, which determines the machining accuracy, surface quality, and machine productivity. The radial stiffness of the spindle unit of the designed machine, based on the base model 2627PMF4M, has been calculated for various values of the spindle overhang.Calculating the stiffness of the spindle assembly allows us to take into account elastic deformations during the cutting process, by selecting the cutting modes necessary to ensure the specified accuracy of the machine tool, at various spindle overhang positions.

Keywords: stiffness, spindle, spindle assembly, overhang, accuracy.

УДК 621.983:629.33

ОСОБЕННОСТИ ШТАМПОВКИ СВАРНЫХ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ

Б.А. Рожин

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

В статье рассмотрены технологические особенности листовой штамповки сварных заготовок, состоящих из участков разной толщины или разных марок стали. Проанализировано влияние сварного шва и перепада толщин на напряжённо–деформированное состояние металла при вытяжке и формовке. Описаны основные дефекты, такие как смещение линии шва, локализация деформаций в более тонкой части и разрушение в зоне термического влияния. Отдельно

рассмотрены конструктивные решения штамповой оснастки и экономическая целесообразность применения таких заготовок в кузовном производстве.

Ключевые слова: сварные листовые заготовки, листовая штамповка, лазерная сварка, автомобильный кузов, напряжённо–деформированное состояние, смещение шва.

В современном автомобилестроении противоречат друг другу два требования: снизить массу кузова и при этом повысить его пассивную безопасность [1]. Традиционный подход, при котором деталь штампуется из однородного листа, а затем усиливается приварными накладками, ведёт к росту числа операций, количества штамповочных операций и общей массы конструкции. Альтернативой стали сварные листовые заготовки, которые собирают ещё до штамповки, сваривая встык фрагменты листа разной толщины, прочности или с разным покрытием, в итоге металл располагается в детали по принципу функциональной необходимости, то есть толстый и прочный там, где действуют максимальные нагрузки, тонкий и пластичный там, где важны формуемость и малая масса [2–6].

Такие заготовки применяются для изготовления внутренних панелей дверей, лонжеронов, стоек кузова, усилителей пола и колёсных арок. Однако наличие шва и неоднородность свойств существенно усложняют процесс штамповки по сравнению с монолитным листом.

Заготовки чаще всего соединяют лазерной сваркой, которая обеспечивает узкий шов и минимальную зону термического влияния. Тем не менее металл шва отличается от основного: после быстрого охлаждения в нём формируется структура повышенной твёрдости с пониженной пластичностью. Для низкоуглеродистых сталей это различие невелико. Для высокопрочных двухфазных и многофазных сталей оно становится заметным: у границы зоны термического влияния может появиться разупрочнённый участок, который при формовке начинает работать как концентратор деформаций.

Поведение шва во многом зависит от того, как он ориентирован относительно главных деформаций. Если шов направлен вдоль преобладающего растяжения, он деформируется вместе с основным металлом, и при низкой пластичности именно в нём возникают трещины. Если шов перпендикулярен направлению растяжения, основную деформацию воспринимает более слабая сторона заготовки, а шов остаётся относительно ненагруженным. Поэтому положение линии сварки выбирают уже на этапе проектирования детали с учётом ожидаемой схемы течения металла.

Главная особенность штамповки сварных заготовок связана с разной несущей способностью их участков. При одинаковом усилии вытяжки более тонкая или менее прочная часть деформируется сильнее, а толстая и прочная почти не участвует в формоизменении. В результате деформации локализуются в слабой зоне, её толщина интенсивно уменьшается, и разрушение наступает раньше, чем на однородной заготовке той же формы. Предельная степень вытяжки для сварной заготовки обычно ниже, чем для каждого из составляющих её ли-

стов в отдельности. При этом слабая часть вытягивается сильнее, поэтому шов перемещается в сторону более прочного материала. Если смещение не учтено, шов на готовой детали оказывается не там, где требует конструкция. Это сказывается на точности сопряжения с соседними элементами и на распределении жёсткости. Ещё одна проблема – это разная величина пружинения, так как участки разной толщины и прочности после снятия нагрузки упруго возвращаются по–разному, и возникает коробление вдоль линии сварки.

Перепад толщин требует специальных конструктивных решений, так как если прижимное кольцо и матрица плоские, контакт с тонкой частью заготовки окажется неполным, и прижим на этом участке будет недостаточным. Для компенсации на рабочих поверхностях выполняют ступень, повторяющую профиль заготовки, или применяют секционные прижимы с независимой регулировкой усилия. Это позволяет усилить торможение металла на прочной стороне и ослабить его на слабой, выравнивая течение и ограничивая смещение шва.

Тот же эффект дают перетяжные рёбра, размещённые с учётом зон разной толщины. Чаще всего их делают асимметричными: на стороне толстого металла рёбра задают большее сопротивление течению. На современных прессах с гидравлическими или многоточечными подушками усилие прижима можно менять по зонам и по ходу ползуна, что расширяет технологическое окно процесса.

Рассмотрим экономическую составляющую данного вопроса. Сварная заготовка дороже обычной, так как к стоимости металла добавляются резка, лазерная сварка и контроль качества шва. Однако на уровне всего производственного цикла затраты, как правило, снижаются. Отпадает необходимость штамповать и приваривать отдельные усилители, сокращаются количество штампов, точечных сварных соединений и операций сборки. Растёт коэффициент использования металла, поскольку заготовку можно скомпоновать из фрагментов, раскроенных с меньшими отходами. Снижение массы кузова к тому же уменьшает расход топлива автомобилем на протяжении всего срока эксплуатации. Экономическая целесообразность зависит от серийности, так как при крупносерийном выпуске эффект выражен наиболее ярко, а при малых объёмах его может снизить высокая стоимость отработки оснастки.

Таким образом, штамповка сварных листовых заготовок является эффективным способом для того, чтобы получать лёгкие и прочные элементы автомобильного кузова, в которых свойства материала распределены по детали в соответствии с нагрузками. Основные сложности процесса связаны с неравномерностью деформаций между участками разной толщины и прочности, смещением линии шва, пониженной пластичностью металла сварного соединения и различием в пружинении.

Список использованных источников

1. Конахина Н.А. Анализ инновационных технологий в мировой отрасли автомобилестроения // Инновации. 2008. № 2 (112).

2. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Изд. 2–е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 278 с.

3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4–х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с.

4. Иванов К.М., Звонцов И.Ф., Серебреницкий П.П. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения. М.: Лань, 2018. 696 с.

5. Бочарова Ю.А. Машиностроение. В 40–а томах. Том IV Машины и оборудование кузнечно–штамповочного и литейного производства / Ю.А. Бочарова. М.: Машиностроение, 2005. 711 с.

6. Волчкевич Л. И. Автоматизация производственных процессов: учебное пособие / Л. И. Волчкевич. 2–е изд., стер. М.: Машиностроение, 2007. 380 с.

FEATURES OF STAMPING WELDED SHEET BLANKS FOR AUTOMOBILE BODIES

B.A. Rozhin

Tula State University,
Tula, Russia

The article discusses the technological features of sheet stamping of welded blanks consisting of sections of different thicknesses or different grades of steel. The effect of the weld and thickness difference on the stress–strain state of the metal during drawing and molding is analyzed. The main defects are described, such as displacement of the seam line, localization of deformations in the thinner part and destruction in the zone of thermal influence. The design solutions of die tooling and the economic feasibility of using such blanks in body manufacturing are considered separately.

Keywords: welded sheet blanks, sheet stamping, laser welding, automobile body, stress–strain state, seam displacement.

УДК 005.57:005.32:631.1

ДЕЛОВАЯ КОММУНИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОДОЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ЦИФРОВЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.Г. Салтанова, М.А. Поцелуева

Донской государственный аграрный университет,
п. Персиановский, Ростовская обл., Россия

Цифровые изменения в сельскохозяйственных предприятиях встречают сопротивление работников, которое чаще вызвано непониманием пользы новых систем и опасением дополнительных затрат, чем отказом от технологий как та-

ковых. Цель – обосновать роль деловой коммуникации как управленческого инструмента снижения такого сопротивления и определить ее содержание с учетом отраслевых условий; использованы сравнительный, статистический и формально–юридический методы и теоретическое обобщение. В сопротивлении персонала выделены информационная, компетентностная и статусно–экономическая составляющие, и каждой соответствует своя форма коммуникации. Нормы трудового законодательства об уведомлении работников и подготовке кадров задают обязательную рамку коммуникации, но не определяют ее содержание. Предложена модель коммуникационного сопровождения цифровых проектов, которая привязана к производственному календарю и опирается на наставничество и обратную связь; ее могут применять руководители и кадровые службы агропредприятий.

Ключевые слова: деловая коммуникация, сопротивление изменениям, цифровая трансформация, сельскохозяйственные предприятия, управление персоналом, цифровые компетенции.

Распоряжением Правительства РФ от 23 ноября 2023 г. № 3309–р утверждено стратегическое направление цифровой трансформации агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов до 2030 года. Целью названо внедрение передовых отечественных цифровых технологий в эти отрасли [6]. Формулировка отражает перестройку повседневного труда – переход на новые системы учета, мониторинга и отчетности. В структуре внутренних затрат российских организаций на цифровые технологии приходится около 0,5 %. Ресурс на внедрение невелик. По отраслевым обзорам, в 2026 году цифровизация АПК замедлилась из–за необходимости дополнительных вложений в инфраструктуру, обучение и оборудование [7].

К числу кадровых барьеров цифровой трансформации отрасли в экономической литературе относят: трудности с переобучением сотрудников и отсутствие желания двигаться в русле курса развития АПК, нехватку кадров и опытных управленцев, способных реализовать цифровые бизнес–стратегии. Помимо этого, почти все авторы называют низкую цифровую грамотность одним из основных факторов, препятствующих фермерам выбирать цифровые решения [3, 4, 5].

Под сопротивлением персонала цифровым изменениям мы понимаем открытое или скрытое уклонение работников от новых цифровых систем либо их формальное применение при сохранении прежнего порядка работ.

Авторы по–разному определяют причины такого поведения. А.Н. Анищенко и Е.В. Левина называют дефицит знаний [2]; Л.В. Зинич фиксирует готовность к цифровому развитию только при условии, что работник не тратит собственные средства [4]; у Е.А. Асташовой с соавторами на первый план выходит нехватка управленцев [3]. Все три позиции сходятся в одном: препятствие – в людях, техника вторична.

Трудовое законодательство делает часть этой коммуникации обязательной. Статья 74 Трудового кодекса РФ допускает изменение условий трудового

договора по инициативе работодателя «по причинам, связанным с изменением организационных или технологических условий труда», и работодатель обязан письменно уведомить работника о предстоящих изменениях и их причинах не позднее чем за два месяца. Эта норма касается сельскохозяйственных организаций и фермерских хозяйств с наемными работниками, но не распространяется на членов хозяйства, работающих без трудового договора.

Статья 196 Трудового кодекса РФ устанавливает: «Необходимость подготовки работников и дополнительного профессионального образования для собственных нужд определяет работодатель». Сопоставленная с данными опроса, норма приобретает коммуникационный смысл. Если работник готов осваивать цифровые навыки лишь без собственных затрат, заранее объявленное решение об обучении за счет хозяйства снимает часть сопротивления еще до начала занятий. А.Ю. Анисимов с соавторами описывают трансформацию управления персоналом от административной функции к стратегическому партнерству [1]. В агропредприятии такой переход означает участие кадровой службы в цифровом проекте уже на этапе выбора системы.

Кадровая ситуация сужает выбор управленческих средств. Е.А. Асташова с соавторами прогнозируют, что нехватка кадров по мере разворачивания цифровизации будет приобретать все более масштабный характер [3]. Большая часть персонала отрасли встречает цифровые изменения впервые, без опыта прежних внедрений. Для коммуникации это означает, что начинать нужно не с инструкций к программе, а с разъяснения смысла изменений.

Деловая коммуникация при цифровизации сельскохозяйственного предприятия не должна сводится к информированию работников о покупке оборудования при переходе на новую программу. Она должна содержать обсуждение того, как изменится повседневная работа, какие операции будут автоматизированы, какие навыки потребуются персоналу и как будут распределяться обязанности. Сопротивление может быть связано не столько с неприятием технологии, сколько с опасениями потерять заработок, допустить ошибку и оказаться невостребованным. Поэтому задача руководителя – выяснить причины настороженности и дать конкретные ответы, не подменяя обсуждения общими обещаниями повысить эффективность производства.

Коммуникационное сопровождение цифрового проекта, по нашему мнению, должно следовать производственному календарю. Межсезонье подходит для разъяснения целей и обучения, в посевную и уборку новое требование воспринимается как помеха. Опорой служат молодые специалисты: А.В. Зинич видит в цифровых технологиях основание для привлечения в данную сферу молодежи, владеющей необходимым набором цифровых компетенций [4]. Решение объявляет руководитель хозяйства. Сопровождение включает следующие элементы: письменное уведомление по статье 74 ТК РФ при изменении условий оплаты, дополненное встречей с работниками и расчетом заработка по новой системе; закрепление за бригадами на первый сезон наставников из числа молодых специалистов; объявление решения об обучении в рабочее время за счет работодателя до старта проекта. После пилотного сезона целесообразно прово-

дить короткий опрос работников и давать публичный ответ руководства на выявленные затруднения. Каждый элемент направлен на определенную составляющую сопротивления [2]. В небольших хозяйствах, которые откладывают цифровые проекты из–за нехватки средств, предложенная последовательность остается направлением, требующим проверки: кадровой службы у них нет, и коммуникация ложится на владельца, который сам может быть источником сопротивления.

Результат сопровождения отслеживается по текучести кадров и по доле операций, фактически выполняемых в новой системе. HR–аналитику используют для прогнозирования текучести персонала на основе цифровых следов. Модель подобного перехода не требует значительных затрат: она опирается на обязательные процедуры трудового права и на существующую отраслевую образовательную среду. Ее результативность определяется прежде всего тем, насколько последовательно руководитель соблюдает порядок шагов. Её эмпирическая проверка в хозяйствах разной специализации должна стать следующим шагом развития деловой коммуникации.

Список использованных источников

1. Анисимов, А.Ю., Алексахина С.А., Молчанов И.И., Голиков Р.Ю. Трансформация управления персоналом в условиях цифровой экономики: от административной функции к стратегическому партнерству // Лидерство и менеджмент. – 2025. – № 5. – URL: https://1economic.ru/lib/123164 (дата обращения: 14.10.2026).

2. Анищенко А.Н., Левина Е.В. Цифровая компетентность как основа конкурентоспособности работника на рынке труда агропромышленного комплекса в условиях киберэкономики // Экономика и социум: современные модели развития. 2020. № 3. URL: https://1economic.ru/lib/111143 (дата обращения: 14.10.2026).

3. Асташова Е.А., Кузнецова Н.А. [и др.] Этапы цифровой трансформации сельскохозяйственных организаций // Креативная экономика. 2022. № 12. URL: https://1economic.ru/lib/116891 (дата обращения: 14.10.2026).

4. Зинич А.В. Цифровизация в сельском хозяйстве: проблемы и ожидания молодежи // Экономика труда. 2022. № 12. URL: https://1economic.ru/lib/116884 (дата обращения: 14.10.2026).

5. Леушкина В.В. Цифровизация АПК: основной элемент повышения конкурентоспособного инновационного развития // Вопросы инновационной экономики. 2022. № 4. URL: https://1economic.ru/lib/116615 (дата обращения: 14.10.2026).

6. Распоряжение Правительства РФ от 23.11.2023 № 3309–р «Об утверждении стратегического направления в области цифровой трансформации отраслей агропромышленного и рыбохозяйственного комплексов РФ на период до 2030 года» URL: https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/408020499/ (дата обращения: 14.10.2026).

7. Цифровизация в агропромышленном комплексе России // TAdviser. URL:https://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Цифровизация_в_агропромышленном_комплексе_России (дата обращения: 12.10.2026).

BUSINESS COMMUNICATION AS A TOOL FOR OVERCOMING EMPLOYEE RESISTANCE TO DIGITAL CHANGE IN AGRICULTURAL ENTERPRISES

A.G. Saltanova, M.A. Potselueva

Don State Agrarian University,
Persianovsky settlement, Rostov Region, Russia

Digital changes in agricultural enterprises encounter resistance from employees, which is more often caused by a lack of understanding of the benefits of new systems and concerns about additional costs than by a rejection of the technologies themselves. The aim is to substantiate the role of business communication as a management tool for reducing such resistance and to determine its content, taking into account industry–specific conditions; comparative, statistical, and formal–legal methods, as well as theoretical generalization, were used. Informational, competency–based, and status–economic components are identified in the resistance of the staff, and each corresponds to its own form of communication. The provisions of labor legislation regarding employee notification and personnel training establish a mandatory framework for communication, but do not define its content. A model for communication support of digital projects has been proposed; it is tied to the production calendar and relies on mentoring and feedback; it can be used by managers and HR departments.

Keywords: business communication, resistance to change, digital transformation, agricultural enterprises, personnel management, digital competencies.

УДК 621.983:629.33

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ СВАРНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЦЕЛЬНОШТАМПОВАННОЙ ДЕТАЛЬЮ

К.А. Самсонов

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

Рассмотрены экономические и технологические предпосылки замены сварной автомобильной конструкции цельноштампованной деталью. Проанализировано влияние такого перехода на производственные затраты, расход металла, качество и капитальные вложения. Показано, что эффективность решения

определяется объёмом выпуска, технологичностью новой конструкции и сохранением её эксплуатационных характеристик.

Ключевые слова: автомобильная конструкция, листовая штамповка, сварное соединение, себестоимость, технологичность, капитальные вложения, серийное производство.

Сварные автомобильные конструкции позволяют объединять элементы различной формы и толщины, обеспечивая гибкость проектирования, однако их изготовление требует не только получения отдельных заготовок, но и последующей сборки, фиксации, сварки и контроля соединений. Замена такого узла цельноштампованной деталью представляет собой способ сокращения производственных операций. При этом цельноштампованное исполнение не обязательно предполагает изготовление за один ход пресса, технологический маршрут может включать вытяжку, обрезку, пробивку и калибровку.

Основной экономический эффект возникает за счёт исключения сварочных и части сборочных операций. Снижаются затраты на электроэнергию, расходные материалы, обслуживание сварочного оборудования и межоперационное перемещение заготовок. Уменьшение количества компонентов также упрощает комплектование и сокращает незавершённое производство. Дополнительная экономия возможна благодаря снижению потерь от дефектов соединений и уменьшению трудоёмкости исправления геометрических отклонений.

Вместе с тем переход к цельноштампованной детали сопровождается существенными первоначальными вложениями. Необходимы проектирование и изготовление оснастки, технологическая подготовка, испытания и освоение производства, при недостаточной мощности действующего оборудования может потребоваться приобретение нового пресса, поэтому снижение затрат на изготовление одной детали ещё не означает экономической целесообразности проекта, так как полученная экономия должна компенсировать дополнительные инвестиции в пределах планируемого срока выпуска изделия [1–7].

Для условного примера примем, что переменные затраты на изготовление сварного узла составляют 240 рублей, а цельноштампованной детали – 180 рублей. Если дополнительные капитальные вложения относительно сохранения действующей технологии равны 12 млн рублей, то при прочих равных их компенсация потребует выпуска 200 тыс. годных деталей. Этот расчёт иллюстрирует зависимость результата от масштаба производства, но не учитывает стоимость финансирования, сроки освоения и возможное изменение постоянных расходов. Для инвестиционного решения необходимо сопоставлять денежные потоки за весь период производства.

Существенное влияние на результат оказывает использование металла. Устранение нахлёстов и соединительных участков может уменьшить массу изделия, однако более сложная форма заготовки иногда увеличивает отходы раскроя. Кроме того, сварная конструкция позволяет применять элементы разной толщины, тогда как цельноштампованная деталь из обычной листовой заготовки может потребовать избыточной толщины на отдельных участках. Поэтому

экономию следует оценивать по расходу закупаемого металла на годное изделие, а не только по массе готовой детали.

Технологическая реализуемость должна подтверждаться анализом деформаций, утонения, складкообразования и пружинения. Численное моделирование позволяет уточнить форму заготовки и параметры процесса до изготовления окончательной оснастки. Одновременно необходимо проверить жёсткость, усталостную долговечность и поведение детали при аварийных нагрузках. Отсутствие сварных швов само по себе не гарантирует повышения надёжности, поскольку штамповка изменяет распределение толщины и свойства материала.

При оценке экономической эффективности необходимо учитывать устойчивость технологического процесса. Для цельноштампованной детали отклонения толщины и механических свойств листа, а также изменение условий трения могут приводить к разрывам, складкообразованию и нестабильности геометрии. Возникающие потери способны частично компенсировать экономию от исключения сварки. Поэтому себестоимость следует определять в расчёте на годное изделие, учитывая фактический уровень брака, затраты на наладку и ресурс оснастки. Например, сокращение числа операций не обеспечит ожидаемого эффекта, если сложная вытяжка потребует частых остановок для корректировки процесса или восстановления рабочих поверхностей штампа.

Дополнительным фактором является гибкость производства при изменении конструкции автомобиля. В сварном узле локальная корректировка формы одного элемента нередко позволяет сохранить значительную часть оборудования и оснастки. Для цельноштампованной детали аналогичное изменение может потребовать существенной доработки штампа и повторного освоения технологического процесса. Следовательно, переход к интегральной конструкции наиболее обоснован при достаточно стабильной геометрии изделия и прогнозируемой программе выпуска. Если модернизация узла ожидается до окупаемости новой оснастки, экономическое преимущество цельноштампованного исполнения может снизиться.

Таким образом, замена сварной конструкции цельноштампованной наиболее перспективна при устойчивом серийном выпуске и значительной доле сборочно–сварочных затрат. Рациональное решение основывается на совместной оценке производственной себестоимости, дополнительных инвестиций, материалоёмкости и эксплуатационных требований. Для малых серий либо конструкций со сложной пространственной геометрией сохранение сварного исполнения может оказаться экономически предпочтительным.

Список использованных источников

1. Конахина Н.А. Анализ инновационных технологий в мировой отрасли автомобилестроения // Инновации. 2008. № 2 (112).

2. Попов Е.А. Основы теории листовой штамповки. Изд. 2–е, перераб. и доп. М.: Машиностроение, 1977. 278 с.

3. Ковка и штамповка: Справочник. В 4–х т. / Ред. совет: Е.И. Семенов (пред.) и др. М.: Машиностроение, 1986. Т.2. Горячая штамповка / Под ред. Е.И. Семенова, 1986. 592 с.

4. Иванов К.М., Звонцов И.Ф., Серебреницкий П.П. Разработка технологических процессов изготовления деталей общего и специального машиностроения. М.: Лань, 2018. 696 с.

5. Бочарова Ю.А. Машиностроение. В 40–а томах. Том IV Машины и оборудование кузнечно–штамповочного и литейного производства / Ю.А. Бочарова. М.: Машиностроение, 2005. 711 с.

6. Норицын И.А., Шехтер В.Я., Мансуров А.М. Проектирование кузнечных и холодноштамповочных цехов и заводов. М.: Высш. шк., 1977. 258 с

7. Теория и технология производства листового проката: тем. сб. науч. тр. / М–во металлургии СССР, Ин–т черной металлургии; ред. В.Л. Мазур. – М.: Металлургия, 1991. – 128 с.

ECONOMIC EFFICIENCY OF REPLACING A WELDED AUTOMOBILE STRUCTURE WITH AN ALL–STAMPED PART

K.A. Samsonov

Tula State University,
Tula, Russia

The economic and technological prerequisites for replacing a welded automobile structure with an all–stamped part are considered. The impact of such a transition on production costs, metal consumption, quality and capital investments is analyzed. It is shown that the effectiveness of the solution is determined by the volume of production, the manufacturability of the new design and the preservation of its operational characteristics.

Keywords: automotive construction, sheet stamping, welded joint, cost.

УДК 656

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ

Е.Е. Сивогривова

Донской государственный технический университет,
г. Ростов–на–Дону, Россия

Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом представляет собой важное направление деятельности транспортных предприятий и одновременно является источником повышенного риска для участников дорожного

движения, населения, окружающей среды и объектов транспортной инфраструктуры.

Ключевые слова: опасные грузы, автомобильный транспорт, безопасность, дорожно–транспортное происшествие, риск.

Значительное место в общей структуре грузовых перевозок занимает транспортирование веществ и материалов, которые вследствие своих физических, химических, биологических или иных свойств способны представлять потенциальную опасность для человека и окружающей среды. К такой категории опасных грузов относятся вещества, материалы и изделия, которые при определённых условиях транспортирования способны стать причиной пожара, взрыва, химического или иного опасного воздействия, причинить вред жизни и здоровью человека, привести к загрязнению окружающей среды, повреждению транспортных средств, дорожной инфраструктуры, производственных объектов и других материальных ценностей, в частности, взрывчатые вещества и изделия, газы, легковоспламеняющиеся жидкости и твёрдые вещества, окисляющие и токсичные вещества, радиоактивные материалы, коррозионные вещества и ряд других категорий грузов.

Но их необходимость транспортирования обусловлена объективными потребностями современной экономики, так как, к примеру, нефть и нефтепродукты, различные виды топлива, химическое сырьё, промышленные газы, минеральные удобрения и многие другие потенциально опасные вещества используются практически во всех сферах хозяйственной деятельности, поэтому основным направлением деятельности государства и транспортных организаций является создание таких условий перевозки, при которых вероятность возникновения аварии и возможный ущерб от неё будут минимизированы.

Автомобильный транспорт широко применяется при перевозке опасных грузов благодаря высокой мобильности и возможности доставки непосредственно от грузоотправителя к грузополучателю, так как развитая сеть автомобильных дорог позволяет организовывать перевозки практически между любыми территориями и производственными объектами. Однако данные преимущества одновременно формируют дополнительные риски, так как как раз транспортное средство с опасным грузом движется по автомобильным дорогам общего пользования и постоянно взаимодействует с другими автомобилями, автобусами, мотоциклами, велосипедистами и пешеходами. И в отличие от производственного объекта, источник потенциальной опасности в данном случае непрерывно перемещается в пространстве, проходя через территории с различной плотностью населения, интенсивностью движения, состоянием дорожной инфраструктуры и природными условиями.

Именно мобильность источника опасности является одной из характерных особенностей транспортного риска, имеется в виду то, что в процессе одного рейса транспортное средство может проходить через населённые пункты, промышленные территории, мосты, тоннели, железнодорожные переезды, участки с интенсивным движением и территории, расположенные рядом с вод-

ными объектам, в связи с чем последствия одного и того же вида аварии на различных участках маршрута могут значительно отличаться. Получается, что безопасность перевозки опасных грузов необходимо рассматривать не только с позиции предотвращения самого дорожно–транспортного происшествия, но и с позиции ограничения возможных последствий аварии.

Итак, транспортный риск в общем виде определяется сочетанием вероятности возникновения неблагоприятного события и тяжести его последствий. Применительно к опасным грузам данный подход приобретает особое значение, так как даже сравнительно небольшая вероятность происшествия может формировать значительный уровень риска, если возможные последствия включают массовое поражение людей, крупный пожар, взрыв или масштабное загрязнение окружающей среды. Следовательно, система обеспечения безопасности должна одновременно решать две взаимосвязанные задачи: уменьшать вероятность возникновения дорожно–транспортных происшествий и обеспечивать минимизацию последствий в тех случаях, когда полностью предотвратить происшествие не удалось.

При этом, важным аспектом рассматриваемой проблемы является экологическая безопасность: аварии с опасными грузами способны оказывать негативное воздействие на атмосферный воздух, почву, поверхностные и подземные воды, растительный и животный мир, а при повреждении транспортной ёмкости или упаковки опасное вещество может поступить непосредственно в окружающую среду и распространяться за пределы места первоначального происшествия. Например, разлив нефтепродуктов способен привести к загрязнению дорожного покрытия, почвы и водных объектов: токсичные вещества могут представлять непосредственную угрозу людям и животным, находящимся в зоне воздействия. При возгорании опасного груза дополнительными поражающими факторами становятся высокая температура и продукты горения.

Таким образом, авария с опасным грузом способна перерасти из локального дорожно–транспортного происшествия в чрезвычайную ситуацию, затрагивающую значительную территорию. И, кроме того, негативное воздействие не обязательно прекращается непосредственно после ликвидации последствий ДТП, так как загрязняющие вещества могут длительное время сохраняться в почве или проникать в водоносные горизонты, вследствие чего экологические последствия отдельных происшествий имеют долгосрочный характер.

Ликвидация же подобных загрязнений требует проведения специальных работ и значительных материальных затрат, поэтому предупреждение аварии зачастую является экономически и экологически значительно более эффективным решением, чем последующая ликвидация её последствий.

Получается, что безопасность перевозки опасных грузов определяется большим количеством взаимосвязанных факторов, где одним из наиболее значимых среди них остаётся человеческий фактор, ведь именно, от профессиональной подготовки человека, дисциплинированности, физического и психоэмоционального состояния, способности правильно оценивать дорожную ситуацию и принимать решения непосредственно зависит безопасность транс-

портного процесса. При перевозке опасных грузов требования к квалификации водителя объективно выше, чем при выполнении обычных перевозок. Например, управление автоцистерной требует учёта перемещения жидкости внутри резервуара, а при торможении, ускорении и прохождении поворотов возникают дополнительные динамические нагрузки, которые способны влиять на устойчивость транспортного средства. Также резкое изменение скорости или направления движения при неблагоприятных условиях может увеличить вероятность потери устойчивости и опрокидывания.

Наряду с человеческим фактором большое значение имеет техническое состояние подвижного состава, так как неисправность транспортного средства может непосредственно стать причиной аварии или существенно увеличить тяжесть её последствий, поэтому особый контроль требуют тормозная система, рулевое управление, колёса и шины, подвеска, световые приборы, электрическое оборудование и другие элементы, непосредственно влияющие на управляемость автомобиля. А для специализированных транспортных средств этот перечень еще значительно шире, например, при использовании цистерн необходимо контролировать состояние резервуара, трубопроводов, соединительных элементов и запорной арматуры.

Не менее значимой является правильная подготовка самого груза, ведь именно, безопасность движения формируется задолго до выезда транспортного средства на дорогу, а нарушения при заполнении цистерны, размещении или креплении груза способны изменить распределение нагрузки по осям, положение центра тяжести и динамические характеристики автомобиля.

Также при выполнении обычной грузовой перевозки основными критериями маршрутизации чаще всего выступают расстояние, время и стоимость, и необходимо дополнительно учитывать вероятность возникновения ДТП и потенциальную тяжесть его последствий на различных участках дороги.

То есть, при выборе маршрута следует принимать во внимание интенсивность транспортного потока, геометрические параметры дороги, наличие сложных спусков и подъёмов, мостов, тоннелей, железнодорожных переездов, состояние покрытия, плотность населения и расположение экологически чувствительных территорий. Также важным фактором является доступность подразделений, способных оперативно реагировать на происшествие.

Принципиальным является и тот факт, что безопасность обеспечивается не одной отдельной мерой, а последовательностью взаимодополняющих защитных барьеров, так как если один из элементов оказывается недостаточно эффективным, следующий должен препятствовать дальнейшему развитию опасного сценария.

Таким образом, уровень безопасности определяется не одним фактором, а совокупностью взаимосвязанных условий таких как: профессиональная подготовка водителя, техническое состояние транспортного средства, соблюдение требований при подготовке и размещении груза, правильность выбора маршрута, состояние дорожной инфраструктуры, метеорологические условия, качество

организации перевозочного процесса и готовность к ликвидации последствий возможного происшествия.

Список использованных источников

1. Булатских, М.М. Специфика и проблемы перевозки опасных грузов автомобильным транспортом / М.М. Булатских // Международный журнал гуманитарных и естественных наук. – 2021. – № 3–1(54). – С. 109–112. – DOI 10.24412/2500–1000–2021–3–1–109–112.

2. Иванова, Т.А. Перевозка опасных грузов автомобильным транспортом / Т.А. Иванова // Вопросы российского и международного права. – 2023. – Т. 13, № 5–1. – С. 375–380. – DOI 10.34670/AR.2023.53.87.049.

3. Энглези, И.П. Повышение безопасности движения в транспортных системах при перевозке опасных грузов / И.П. Энглези // XVI Всероссийская мультиконференция по проблемам управления: материалы мультиконференции. В 4 т., Волгоград, 11–15 сентября 2023 года. Том 4. – Волгоград: Волгоградский государственный технический университет, 2023. – С. 248–251.

SAFETY OF MOVEMENT OF VEHICLES DURING TRANSPORTATION OF DANGEROUS GOODS

E.E. Sivogrivova

Don State Technical University,
Rostov–on–Don, Russia

Transportation of dangerous goods by road is an important area of activity of transport enterprises and at the same time is a source of increased risk for road users, the public, the environment and transport infrastructure facilities.

Keywords: dangerous goods, road transport, safety, traffic accident, risk.

УДК 656

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА

Е.Е. Сивогривова

Донской государственный технический университет,
г. Ростов–на–Дону, Россия

Рассматриваются основные аспекты развития транспортно–логистического комплекса региона как важнейшей составляющей современной региональной экономической системы.

Ключевые слова: транспортно–логистический комплекс, региональная экономика, транспортная инфраструктура, логистика.

Транспортно–логистический комплекс региона представляет собой совокупность взаимосвязанных элементов, где при чем принципиальное значение имеет не столько наличие отдельных объектов, сколько характер взаимодействия между ними.

В связи с этим транспортно–логистический комплекс целесообразно рассматривать как интегрированную социально–экономическую систему, функционирование которой определяется совокупностью экономических, пространственных, организационных, технологических, кадровых и некоторых других факторов.

Итак, как известно, производство и потребление в современной экономике пространственно разделены: сырье может добываться на одной территории, перерабатываться на другой, комплектующие поставляться из третьего региона, а конечный потребитель находиться еще дальше. В результате возникает сложная сеть перемещения товаров, управление которой требует развитой транспортной и логистической инфраструктуры, и тут, чем эффективнее функционирует такая система, тем ниже совокупные издержки участников экономической деятельности и тем выше скорость обращения материальных ресурсов.

Недостаточная транспортная связанность периферийных территорий способна усиливать существующую пространственную дифференциацию, так как предприятия, расположенные в удаленных районах, сталкиваются с более высокими транспортными расходами и большими временными затратами на доставку сырья и готовой продукции. Для населения ограниченная транспортная доступность может означать снижение доступности товаров и услуг, а в долгосрочной перспективе это может стимулировать концентрацию экономической активности в наиболее развитых центрах и усиливать диспропорции регионального развития. Следовательно, одним из важнейших аспектов развития транспортно–логистического комплекса является обеспечение сбалансированной пространственной организации транспортной и логистической инфраструктуры. При этом речь не идет о необходимости равномерного размещения всех видов объектов на территории региона, а напротив, размещение логистических центров, терминалов, складских комплексов и других объектов должно соответствовать структуре грузопотоков, особенностям производства и потребления, транспортной доступности и перспективам социально–экономического развития территорий.

На основе описанного, можно составить таблицу основных факторов, влияющих на развитие транспортно–логистического комплекса.

Таким образом, качество транспортно–логистического комплекса определяется результатом взаимодействия комплексам факторов. И из этого следует, что стратегическая задача заключается в формировании такой пространственной структуры, которая позволит эффективно соединить основные центры производства, переработки, распределения и потребления.

Группа факторов	Содержание	Влияние на транспортно–логистический комплекс
Экономические	Объем производства и потребления, структура грузопотоков, транспортные и логистические издержки	Определяют спрос на перевозки, складские и терминальные услуги
Пространственные	Размещение производств и потребителей, удаленность территорий, транспортная связанность	Формируют направления и интенсивность перемещения материальных потоков
Инфраструктурные	Состояние транспортной сети, терминалов, складов, логистических центров	Определяют пропускную способность, скорость и надежность доставки
Организационные	Участники перевозочного процесса, управление цепями поставок	Согласованность работы транспорта, складов, производителей и потребителей
Технологические	Цифровизация логистики, автоматизация, системы мониторинга и управления потоками	Технологичность в управлении цепями поставок
Кадровые	Квалифицированные специалисты в сфере транспорта и логистики	Качество управления и внедрение современных технологий

И тут первым одним из центральных направлений развития транспортно–логистического комплекса является совершенствование транспортной инфраструктуры, так как именно ее состояние во многом определяет пропускную способность всей логистической системы: автомобильные и железнодорожные дороги, транспортные узлы, мосты, терминалы, грузовые станции, складские площадки и другие инфраструктурные элементы должны рассматриваться как взаимосвязанная система. Например, увеличение пропускной способности автомобильной дороги не обязательно даст ожидаемый результат, если на последующих этапах движения грузов возникают ограничения, связанные с недостаточной мощностью терминала или складского комплекса. И аналогично строительство современного распределительного центра может оказаться недостаточно эффективным при отсутствии удобного транспортного доступа к нему.

Важное значение в этой связи приобретает развитие мультимодальных и интермодальных перевозок, так как современная экономика требует сочетания преимуществ различных видов транспорта. К примеру, автомобильный транспорт обеспечивает гибкость и возможность доставки «от двери до двери», железнодорожный транспорт – перемещать значительные объемы грузов на средние и дальние расстояния, водный транспорт – это про перевозки массовых грузов, а воздушный транспорт – это про скорость доставки дорогостоящих и срочных товаров. И вот создание условий для эффективного взаимодействия этих видов транспорта позволяет повысить надежность грузовых цепочек и снизить совокупные логистические затраты.

Особая роль в организации мультимодальных перевозок принадлежит транспортно–логистическим узлам и распределительным центрам, ведь их развитие позволяет консолидировать грузопотоки, осуществлять перевалку и временное хранение грузов, формировать партии товаров, обеспечивать их дальнейшее распределение и предоставлять дополнительные логистические услуги. И только при грамотном размещении такие объекты способны стать точками концентрации экономической активности и одновременно выполнять функцию связующего звена между различными элементами транспортной системы региона.

Важным аспектом является также развитие складской инфраструктуры, так как изменение структуры торговли и производства, рост требований к скорости доставки, развитие электронной коммерции и распространение практик управления цепями поставок повышают спрос на современные складские комплексы. Однако склад сегодня перестает быть исключительно местом хранения продукции. И в этом контексте современный логистический объект может выполнять функции консолидации и распределения грузов, комплектации заказов, сортировки, маркировки, упаковки, обработки возвратов и информационного сопровождения товарных потоков.

И, конечно, в текущих реалиях именно цифровизация имеет принципиальное значение именно с точки зрения интеграции различных элементов транспортно–логистического комплекса, так как, если каждый участник цепи поставок располагает собственной информацией и использует изолированные системы, то управление грузопотоком остается фрагментированным. Именно формирование единого информационного пространства, напротив, позволяет повысить согласованность действий перевозчиков, экспедиторов, складских операторов, производителей, торговых организаций и государственных структур.

Итак, формирование стратегии развития транспортно–логистического комплекса должно начинаться с диагностики текущего состояния системы, то есть, необходимо оценивать состояние транспортной инфраструктуры, структуру и интенсивность грузопотоков, наличие логистических объектов, уровень транспортной доступности муниципальных образований, состояние складской инфраструктуры, степень цифровизации, кадровое обеспечение и инвестиционные возможности.

Следующим важным элементом является определение перспективных направлений развития региона и их влияния на транспортно–логистические процессы, напримре, если в регионе планируется развитие промышленного производства, расширение агропромышленного комплекса, то увеличение торговой активности или реализация крупных инвестиционных проектов, соответствующие изменения должны быть заранее учтены в транспортно–логистической стратегии, а в противном случае могут возникнуть несоответствие между производственными мощностями и возможностями транспортной системы.

Еще важнейшей составляющей стратегии является определение приоритетов, так как в зависимости от специфики региона такими приоритетами могут

выступать развитие транспортных коридоров, устранение инфраструктурных ограничений, модернизация дорожной сети, развитие железнодорожной инфраструктуры, создание транспортно–логистических центров, расширение складских мощностей, развитие мультимодальных перевозок, цифровизация, повышение качества логистического обслуживания и формирование кадрового потенциала.

Именно поэтому эффективность транспортно–логистического комплекса необходимо оценивать не только через объем перевозок или протяженность транспортной сети, но и через более широкий набор показателей, к которым могут относиться средняя скорость доставки, надежность выполнения перевозок, уровень транспортных издержек, доступность складских мощностей, продолжительность логистических операций, пропускная способность транспортных узлов, уровень цифровизации и степень удовлетворенности пользователей логистических услуг.

Список использованных источников

1. Курбатова, А.В. Управление транспортными потоками в условиях информатизации перевозочного процесса. Экономика и управление народным хозяйством (по отраслям и сферам деятельности): автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора экономических наук – Москва, 2000. – 62 с.

2. Пугачев, И.Н. Развитие транспортно–логистического комплекса Дальневосточного региона России / И.Н. Пугачев, Р.Г. Король, Н.С. Нестерова // Транспорт Азиатско–Тихоокеанского региона. – 2022. – № 4(33). – С. 25–34.

3. Прокофьева, Т.А. Развитие транспортно–логистической инфраструктуры в азиатской части России – стратегическое направление реализации транзитного потенциала / Т.А. Прокофьева // Вестник транспорта. – 2011. – № 3. – С. 11–19.

THE MAIN ASPECTS OF THE DEVELOPMENT OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS COMPLEX OF THE REGION

E.E. Sivogrivova

Don State Technical University,
Rostov–on–Don, Russia

The main aspects of the development of the transport and logistics complex of the region as the most important component of the modern regional economic system are considered.

Keywords: transport and logistics complex, regional economy, transport infrastructure, logistics.

УДК 656

РИСКИ КОММЕРЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Е.Е. Сивогривова

Донской государственный технический университет,
г. Ростов–на–Дону, Россия

В статье рассматриваются основные коммерческие риски, раскрывается их взаимосвязь и влияние на финансовую устойчивость производителей, поставщиков и дилеров автомобильной отрасли.

Ключевые слова: автомобильная отрасль, коммерческие риски, рынок, автопроизводители, спрос.

Производство автомобилей связано с металлургией, химической промышленностью, электроникой, машиностроением, информационными технологиями, транспортом, страхованием, банковским сектором и сферой услуг, и, поэтому изменения на автомобильном рынке могут распространяться по всей экономической системе.

Особенность коммерческих рисков автомобильной индустрии заключается также в их взаимозависимости, например, рост стоимости автомобилей может быть обусловлен увеличением затрат на производство, логистику, комплектующие и финансирование. Однако повышение цены одновременно снижает доступность продукции для потребителя и может привести к сокращению спроса, а снижение спроса, в свою очередь, увеличивает остатки автомобилей на складах и дилерских площадках, повышает затраты на хранение и финансирование запасов и вынуждает продавцов предоставлять скидки. Скидки уменьшают маржинальность, а снижение маржинальности при сохранении высокой долговой нагрузки ухудшает финансовое положение предприятия. Таким образом, отдельный коммерческий риск способен запускать цепочку взаимосвязанных негативных последствий.

Таким образом, коммерческий риск можно определить как вероятность возникновения финансовых и экономических потерь вследствие неблагоприятного изменения условий осуществления хозяйственной деятельности.

Рассмотрим конкретнее.

На уровне производителя коммерческий риск связан прежде всего с неопределённостью объёмов реализации автомобилей, изменением себестоимости, ценовой конкуренцией, зависимостью от поставщиков, необходимостью крупных инвестиций и быстрым изменением технологий. А вот для поставщика основными угрозами могут выступать сокращение заказов автопроизводителей, изменение технических требований, прекращение производства отдельных моделей и необходимость инвестировать в новые производственные мощности; для дилера, в свою очередь, ключевыми становятся риски снижения продаж,

накопления складских остатков, изменения закупочных цен, роста стоимости финансирования и уменьшения торговой маржи.

При этом коммерческий риск автомобильной отрасли нельзя рассматривать исключительно как вероятность непосредственного убытка от продажи автомобиля, так как значительная часть рисков проявляется через ухудшение оборачиваемости капитала, увеличение долговой нагрузки, снижение ликвидности, рост расходов на обслуживание запасов, уменьшение клиентской базы и ухудшение деловой репутации. В результате предприятие может формально продолжать осуществлять продажи, но одновременно терять экономическую устойчивость.

Особенно важным является разграничение между краткосрочным снижением финансового результата и системным ухудшением коммерческой устойчивости, например, снижение маржи в течение одного периода может быть оправдано необходимостью ускорения реализации складских запасов. Но и, если низкая маржинальность становится постоянной, а объём продаж продолжает сокращаться, то предприятие сталкивается уже не с отдельной коммерческой проблемой, а с угрозой изменения всей модели бизнеса.

Второй фактор – это изменение потребительского спроса как центральный источник коммерческого риска.

Автомобиль относится к категории дорогостоящих товаров, приобретение которых существенно влияет на бюджет домохозяйства, поэтому спрос на новые автомобили характеризуется высокой чувствительностью к уровню доходов населения, инфляции, доступности кредитов и общей экономической неопределённости. И соответственно, при росте цен на автомобили потребитель сталкивается с необходимостью направлять на покупку транспортного средства значительно большую часть своих финансовых ресурсов, в результате чего часть потенциальных покупателей откладывает приобретение, другая часть переходит в более доступный ценовой сегмент, а ещё одна часть переключается на рынок автомобилей с пробегом. Для производителей и дилеров это означает изменение не только общего объёма спроса, но и его структуры.

При чем, еще более существенные последствия возникают тогда, когда повышение стоимости автомобилей происходит одновременно со снижением реальных доходов населения. В такой ситуации возникает противоречие между предложением и финансовыми возможностями потребителей, то есть, автомобильный рынок может сохранять номинальный денежный оборот благодаря высоким ценам, однако физические объёмы продаж при этом способны сокращаться.

И для дилеров данная ситуация имеет особое значение, так как дилер приобретает автомобили у производителя или импортёра до момента их продажи конечному покупателю, то есть, если автомобиль остаётся на площадке продолжительное время, капитал предприятия оказывается связанным в товарных запасах. При этом дилер продолжает нести расходы на аренду, персонал, страхование, обслуживание площадки и финансирование оборотного капитала:

чем дольше автомобиль находится на складе, тем выше вероятность необходимости предоставления скидки для ускорения его реализации.

Таким образом, снижение потребительского спроса формирует цепочку: сокращение продаж – увеличение запасов – замедление оборачиваемости – рост финансовых расходов – снижение маржинальности – ухудшение ликвидности. Именно поэтому динамика спроса является одним из ключевых показателей коммерческой устойчивости предприятий автомобильной индустрии.

Третье – это рост цен и проблема доступности автомобилей.

Рост цен представляет собой одновременно следствие и источник коммерческого риска: с одной стороны, увеличение стоимости автомобилей может быть обусловлено объективным ростом производственных и логистических расходов, удорожанием комплектующих, валютными колебаниями, изменением условий импорта и повышением стоимости финансирования; с другой стороны, чрезмерное повышение цен способно привести к дальнейшему сокращению спроса.

Но современный автомобиль становится всё более технологичным продуктом. Увеличивается количество электронных компонентов, программных систем, датчиков, мультимедийных решений и систем помощи водителю, что способствует повышению потребительской ценности автомобиля, но одновременно увеличивает его себестоимость и сложность производства.

Рост цен особенно опасен для массового сегмента, так как покупатель автомобиля массового класса обладает ограниченным бюджетом и значительно сильнее реагирует на изменение цены, чем покупатель премиального автомобиля. Поэтому производители и дилеры массового сегмента вынуждены искать баланс между необходимостью компенсировать рост затрат и сохранением доступности продукции. А вот в премиальном сегменте ситуация отличается, так как более высокая стоимость автомобиля изначально предполагает наличие у клиента большего финансового ресурса, однако и здесь рост цен имеет ограничения. При значительном увеличении стоимости потребитель может пересмотреть решение о покупке или обратить внимание на конкурирующие бренды. Кроме того, высокая цена автомобиля повышает абсолютный размер расходов на кредитование, страхование и обслуживание.

Следовательно, ценовая политика становится важнейшим элементом управления коммерческим риском: цена должна учитывать не только затраты производителя или продавца, но и реальную платёжеспособность целевой аудитории, конкурентную среду и стоимость альтернативных продуктов.

Четвертое – это кредитный риск и влияние стоимости финансирования.

Автомобиль часто приобретается в кредит, поэтому повышение процентных ставок непосредственно влияет на доступность продукции, и,при увеличении стоимости кредитования ежемесячный платёж по автокредиту возрастает, вследствие чего часть потенциальных покупателей отказывается от покупки или переносит её на более поздний период. Для дилеров кредитный фактор имеет двойственное значение. С одной стороны, снижение доступности автокредитов уменьшает количество сделок. С другой стороны, предприятия автомобильной торговли сами могут использовать кредитные ресурсы для финан-

сирования товарных запасов и операционной деятельности. Следовательно, одновременно с падением спроса предприятие может сталкиваться с ростом расходов на обслуживание собственных обязательств.

В результате возникает эффект финансового рычага. Пока продажи находятся на высоком уровне, заёмное финансирование позволяет дилеру или производителю расширять деятельность. Однако при снижении объёмов реализации фиксированные финансовые расходы сохраняются, а доход предприятия уменьшается. Это увеличивает риск возникновения кассовых разрывов и ухудшения платёжеспособности.

Особенно уязвимыми становятся компании, которые одновременно имеют значительные складские остатки и высокую долговую нагрузку. Автомобили, находящиеся на площадке, требуют финансирования, но не создают денежного потока до момента продажи. Если период реализации увеличивается, финансовая нагрузка возрастает.

Таким образом, доступность кредитования следует рассматривать не только как фактор потребительского спроса, но и как самостоятельный элемент коммерческой устойчивости предприятий отрасли.

При чем, все описанные риски выше сопровождаются тем, что автомобильная индустрия традиционно имеет высокую степень международной взаимосвязи. И даже если автомобиль собирается на определённом рынке, отдельные комплектующие, оборудование или сырьё могут приобретаться в других странах, поэтому валютные колебания способны непосредственно влиять на себестоимость.

Итогам, главной особенностью современной автомобильной индустрии является не существование отдельных рисков, а их взаимное усиление, например, рост стоимости комплектующих может привести к увеличению цены автомобиля, а повышение цены уменьшает доступность продукции. Одновременно рост процентных ставок увеличивает стоимость автокредита, и, снижение спроса приводит к увеличению запасов у дилеров. Для ускорения продаж дилер вынужден предоставлять скидки, что снижает маржинальность, в результате уменьшается прибыль и ухудшается способность предприятия обслуживать долговые обязательства.

Данная последовательность показывает, что коммерческие риски необходимо анализировать системно, так как управление только одним фактором не позволяет устранить общую проблему. Именно поэтому современная система управления рисками должна оценивать не только вероятность отдельных событий, но и сценарии их одновременного возникновения.

Список использованных источников

1. Губина О.В. Анализ и диагностика финансово–хозяйственной деятельности предприятия. – 2–е изд., перераб. – М.: ИД "Форум": ИНФРА–М, 2020. – 114 с.

2. Загидуллин, А.Р. оценка уровня экономической безопасности предприятий автомобилестроения / А.Р. Загидуллин // Прогрессивная экономика. – 2025. – № 5. – С. 237–250. – DOI 10.54861/27131211_2025_5_237

RISKS OF COMMERCIAL SUSTAINABILITY OF AUTOMOTIVE INDUSTRY ENTERPRISES

E.E. Sivogrivova

Don State Technical University,
Rostov–on–Don, Russia

The article examines the main commercial risks, reveals their relationship and impact on the financial stability of manufacturers, suppliers and dealers in the automotive industry.

Keywords: automotive industry, commercial risks, market, automakers, demand.

УДК 656.13:355.41

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ С УЧЁТОМ ОПЫТА СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ

А.А. Смирнов, В.В. Белозеров, А.А. Морозов, Я.И. Олейникова

Военная академия материально–технического обеспечения
имени генерала армии А.В. Хрулёва,
г. Санкт–Петербург, Россия

В статье проводится комплексный анализ особенностей организации автомобильных перевозок грузов и личного состава в современных условиях на основе опыта специальной военной операции. Рассматриваются трансформации маршрутной сети, требования к транспортным средствам, подходы к построению и движению колонн, а также система обеспечения безопасности. Исследуется воздействие актуальных угроз, в первую очередь беспилотных летательных аппаратов, на выбор техники и методы доставки. Анализируются цифровые и интеллектуальные решения, повышающие адаптивность и устойчивость транспортной системы. Подчёркивается значение профессиональной подготовки водителей и командиров автомобильных подразделений. На основе обобщения практического опыта определены перспективные направления совершенствования организации перевозок материальных средств и военнослужащих.

Ключевые слова: автомобильные перевозки, грузы, пассажиры, специальная военная операция, логистика, материально–техническое обеспечение, безопасность, колонна, беспилотные системы, живучесть.

Автомобильный транспорт на протяжении длительного времени сохраняет статус одного из ведущих средств доставки грузов и перевозки людей как в гражданской сфере, так и в системе материально–технического обеспечения

войск. Его преимущества – возможность осуществлять перевозку «от склада до потребителя» без промежуточных перевалок, относительно слабая зависимость от капитальной инфраструктуры и способность оперативно корректировать маршруты – делают его особенно востребованным в условиях быстро меняющейся обстановки. Специальная военная операция выступила масштабной практической проверкой всей системы воинских и гражданских автомобильных перевозок и выявила ряд принципиально новых требований к её построению.

В классической схеме организация автомобильных перевозок охватывает планирование объёмов и направлений, подбор подвижного состава, разработку маршрутов, формирование колонн, организацию погрузочно–разгрузочных работ, контроль исполнения и всестороннее обеспечение. В условиях специальной военной операции эти элементы сохраняют свою значимость, однако их содержание существенно меняется. На первый план выходят скрытность перемещений, способность быстро перестраивать маршруты, действия в условиях ограниченной связи, постоянный риск огневого поражения и необходимость защиты как груза, так и экипажей от беспилотных летательных аппаратов.

Одним из важнейших уроков специальной военной операции стало чёткое разграничение маршрутов на относительно безопасные (оперативная глубина) и высокорисковые (тактическая и прифронтовая зона). На дальних и средних участках по–прежнему эффективно используются стандартные грузовые автомобили – КамАЗ, Урал и их модификации. Здесь сохраняются привычные принципы формирования колонн, организации охранения, разведки маршрута и технического прикрытия. Вместе с тем даже на этих участках возрастают требования к маскировке, радиоэлектронной защите и готовности к внезапной смене маршрута.

На ближних участках ситуация меняется кардинально. Крупнотоннажный транспорт становится приоритетной целью для средств поражения противника, прежде всего для FPV–дронов и других беспилотных систем. В этих условиях резко возрастает роль лёгкой, высокоманевренной техники – пикапов, багги, квадроциклов и мотоциклов. Такая техника позволяет доставлять критически важные грузы (боеприпасы, воду, медикаменты, средства связи, элементы беспилотных комплексов, питание) небольшими партиями непосредственно к подразделениям первого эшелона. Практика подтвердила, что рассредоточение груза и использование нескольких независимых маршрутов существенно снижают вероятность полной потери партии снабжения.

Организация движения на опасных участках строится на принципах максимального рассредоточения. Сокращается состав колонн, увеличиваются дистанции между машинами, исключается регулярное использование одних и тех же дорог, широко применяются грунтовые и обходные пути. Активно используются ночное время, сложные метеоусловия и складки местности. Предварительная и текущая разведка маршрутов с применением беспилотных летательных аппаратов становится обязательным элементом планирования. Одновременно создаются пункты перегрузки, где крупные партии дробятся на мелкие и

далее доставляются уже лёгким транспортом или, в отдельных случаях, пешими группами подноса.

Перевозка пассажиров – перемещение личного состава, эвакуация раненых и больных – также претерпела заметные изменения. При переброске подразделений усиливаются требования к маскировке, рассредоточению и защите от ударов с воздуха. Для медицинской эвакуации используются как специализированные санитарные автомобили, так и приспособленный подвижной состав, включая лёгкую технику. Организация таких перевозок требует тесного взаимодействия с медицинской службой, выбора маршрутов с учётом возможности оказания помощи в пути, обеспечения прикрытия и готовности к быстрой смене пунктов выгрузки.

Цифровые и интеллектуальные технологии становятся важным инструментом повышения эффективности и безопасности перевозок. Системы защищённого мониторинга транспорта, помехоустойчивая связь, электронные карты с оперативно обновляемыми данными о состоянии дорог и зонах угроз, а также алгоритмы оптимизации маршрутов позволяют сокращать время реакции на изменения обстановки. Развитие беспилотных и дистанционно управляемых наземных транспортных средств открывает возможность доставки грузов на наиболее опасные участки без риска для жизни водителей. Такие решения уже находят практическое применение и требуют дальнейшего совершенствования.

Опыт специальной военной операции убедительно показал, что качество подготовки водителей и командиров автомобильных подразделений напрямую влияет на успешность выполнения задач по подвозу. Помимо уверенного управления техникой в сложных дорожных и погодных условиях, сегодня необходимы навыки действий под огневым воздействием, быстрого восстановления подвижности после повреждений, организации самообороны колонны, применения средств маскировки и радиоэлектронной защиты. Особое внимание должно уделяться отработке противодействия беспилотным летательным аппаратам и действиям при обнаружении минирования маршрутов.

Повышение живучести транспортной системы материально–технического обеспечения достигается комплексом мер: рассредоточением техники и полевых складов, созданием резервов подвижного состава и подготовленных экипажей, развитием сети полевых ремонтных пунктов, внедрением модульных и быстровосстанавливаемых конструкций. Своевременный ремонт и возврат техники в строй становятся не менее важными, чем сама доставка грузов, поскольку от наличия исправного транспорта зависит устойчивость всего цикла обеспечения.

Отдельного внимания заслуживает вопрос взаимодействия автомобильных подразделений с другими элементами системы материально–технического обеспечения. Эффективная организация перевозок невозможна без чёткой координации с органами управления тылом, службами горючего, продовольственного и вещевого обеспечения, а также с подразделениями охраны и радиоэлектронной борьбы. Опыт показал, что наиболее устойчивые схемы подвоза формируются там, где транспортные задачи решаются в единой системе плани-

рования и где информация об изменениях обстановки доводится до исполнителей в максимально короткие сроки.

Важным практическим выводом является необходимость постоянного уточнения норм расхода ресурсов и нормативов времени на выполнение рейсов. Условия специальной военной операции существенно отличаются от тех, что заложены в ранее действовавшие руководящие документы. Увеличение плеча подвоза, рост потерь техники, необходимость движения в тёмное время суток и по труднопроходимым участкам требуют корректировки расчётных показателей и создания дополнительных резервов.

Обобщая накопленный опыт, можно выделить несколько приоритетных направлений дальнейшего развития организации автомобильных перевозок. Во–первых, это совершенствование многоуровневой схемы доставки с чётким разделением задач между тяжёлым и лёгким транспортом. Во–вторых, массовое внедрение цифровых инструментов планирования и мониторинга. В–третьих, расширение применения беспилотных и дистанционно управляемых средств на опасных участках. В–четвёртых, системная перестройка программ подготовки водителей и командиров с учётом новых угроз. В–пятых, повышение общей живучести транспортной инфраструктуры и резервирование критически важных элементов системы.

Таким образом, организация автомобильных перевозок грузов и пассажиров в современных условиях представляет собой сложную, многофакторную задачу, решение которой невозможно без учёта уроков специальной военной операции. Успех достигается сочетанием классических принципов транспортной логистики с гибкими, адаптивными решениями, продиктованными реальной боевой обстановкой. Дальнейшее совершенствование системы должно быть направлено на повышение её живучести, скорости реакции и способности надёжно выполнять задачи обеспечения в любой, в том числе наиболее напряжённой, оперативной ситуации. Подготовка специалистов, способных организовывать и выполнять такие перевозки, остаётся одной из приоритетных задач военно–учебных заведений системы материально–технического обеспечения.

Список использованных источников

1. Организация автотехнического обеспечения войск. Воинские автомобильные перевозки: учеб. пособие / М.А. Михневич и др. – М.: ИНФРА–М, 2020. – 315 с.

2. Анализ опыта организации воинских автомобильных перевозок, полученного в ходе специальной военной операции // Материалы РИЦ «Красная звезда». – 2023.

3. Логистика и подвоз снабжения в зоне специальной военной операции: практика групп подвоза // Известия. – 2025–2026.

4. Интеллектуальная логистика для армии: оптимизация автомобильных перевозок // МТО ВС РФ. – 2025. – № 12.

5. Действия автомобильных подразделений в зоне специальной военной операции // Известия. – 2025.

6. Материалы и практика подготовки специалистов Военной академии материально–технического обеспечения имени генерала армии А.В. Хрулёва.

ORGANIZATION OF ROAD TRANSPORT OF GOODS AND PASSENGERS TAKING INTO ACCOUNT THE EXPERIENCE OF THE SPECIAL MILITARY OPERATION

A.A. Smirnov, V.V. Belozerov, A.A. Morozov, Y.I. Oleynikova

Military Academy of Logistics named after Army General A.V. Khruleva, St. Petersburg, Russia

The article provides a comprehensive analysis of the organization of road transport of cargo and personnel under modern conditions, based on the experience of the special military operation. It examines transformations in the route network, requirements for vehicles, approaches to the formation and movement of convoys, as well as the security support system. The impact of current threats, primarily unmanned aerial vehicles, on the choice of equipment and delivery methods is investigated. Digital and intelligent solutions that increase the adaptability and resilience of the transport system are analyzed. The importance of professional training for drivers and commanders of automotive units is emphasized. Based on the generalization of practical experience, promising directions for improving the organization of transportation of materiel and military personnel are identified.

Keywords: road transport, cargo, passengers, special military operation, logistics, material and technical support, security, convoy, unmanned systems, survivability.

УДК 629.039.58

ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКИЙ РОБОТ «РОСОМАХА»

К.Д. Советов, Р.А. Улитин, К.В. Лебединский

Пензенский государственный университет, г. Пенза, Россия

В статье рассматривается проект транспортно–логистического робота «Росомаха» – автономного наземного робота на гусеничном шасси, оснащённого манипулятором с адаптивным захватом. Показана актуальность разработки для опасных производств и потребностью промышленных предприятий в круглосуточной автоматизации логистических операций.

Ключевые слова: транспортно–логистический робот, гусеничное шасси, манипулятор, автономная навигация, промышленная робототехника, внутрипроизводственная логистика, автоматизация производства, опасные производственные условия, экономическая эффективность.

В современной промышленности автоматизация производственных и логистических процессов становится ключевым фактором, определяющим конкурентоспособность и эффективность работы предприятий.

Одним из перспективных направлений развития производственной автоматизации является применение транспортно–логистических роботов на гусеничном ходу, оснащённых манипуляторами для перевозки и перемещения тяжелых или опасных грузов.

На кафедре «Транспортные машины» Пензенского государственного университета разрабатывается проект автономного наземного транспортно–логистического робота на гусеничном шасси «Росомаха», оснащённого манипулятором с адаптивным захватом. Он разрабатывается для того, чтобы заменить человека на монотонных и опасных операциях типа «взять–перевезти–положить» и обеспечить круглосуточную автономную работу.

В условиях постоянного роста объёмов производства и усложнения логистических цепочек, особенно в настоящее время, возникает потребность в средствах транспортировки и перемещения грузов, обладающими повышенной проходимостью, возможностью работы в условиях ограниченного пространства, а также низкими затратами на их эксплуатацию.

Предлагаемый проект сможет найти применение на промышленных предприятиях особенно военно–промышленного комплекса, а также в сфере логистики при работе в опасных зонах.

Создание робота «Росомаха» направлено на решение проблемных моментов в сфере промышленности связанных с высоким риском травматизма, нехватки квалифицированных кадров, высоких затрат на простои и перерывы, необходимости увеличения темпов производства, работы с вредными веществами и в стеснённых условиях, позволив заменить круглосуточную работу человека.

Ключевая особенность предлагаемого робота заключается в объединении преимуществ гусеничной базы, обеспечивающей высокую проходимость и манёвренность, с высокотехнологичным манипулятором для транспортировки грузов, что позволит роботу эффективно выполнять различные задачи в самых сложных условиях.

На сегодняшний день проект находится на стадии идеи и концепции, определены ключевые конструктивные узлы – гусеничная платформа, манипулятор и система навигации.

Идея в конкурентном преимуществе «Росомахи» – это специализация на экстремальных условиях эксплуатации, при этом гусеничная база обеспечивает проходимость по загрязнённым, неровным полам и металлической стружке (где колёса буксуют), а наличие манипулятора использование под конкретные производственные задачи. Кроме того, конструкция должна иметь термостойкостью и пыле– влагузащиту

Как известно, перспектива ближайшего времени в промышленности связана с переходом от точечной автоматизации к сквозной роботизации внутрипроизводственной логистики.

Применение гусеничных транспортно–логистических роботов с манипуляторами могут стать неотъемлемой частью такой системы.

На машиностроительных предприятиях такие роботы могут:

1. перевозить заготовки между станками и участками контроля;
2. подавать оснастку и расходные материалы к рабочим местам;
3. забирать готовую продукцию на упаковку и складирование.

Перспективы экономической эффективности связаны с несколькими факторами:

1. снижение фонда оплаты труда;
2. сокращение потерь и брака;
3. повышение коэффициента использования оборудования;
4. гибкость производства.

Кроме того, робот может работать круглосуточно, что повышает общую производительность предприятия.

Для создания транспортно–логистического робота на гусеничной базе с манипулятором необходимо учесть ряд ключевых аспектов и этапов.

Прежде всего, требуется разработка гусеничного шасси, которое обеспечит высокую проходимость и манёвренность в сложных эксплуатационных условиях, в том числе при транспортировке и работе с тяжёлыми грузами, разработка манипулятора с высокой точностью позиционирования.

В проекте кроме конструктивной подработки потребуется также создать защищенную систему управления и навигации, которая включает в себя разработку программного обеспечения для управления приводами и датчиками для мониторинга движения робота и позиционирования грузов.

Для обеспечения работы робота также необходимо разработать автономное энергоснабжение с аккумуляторами высокой ёмкости и системой быстрой беспроводной зарядки.

В перспективе проект открывает возможности для дальнейшего развития функционала робота, включая автоматизированную инвентаризацию, контроль качества, интеграции с существующими системами предприятия типа ERP и MES.

Транспортно–логистический робот «Росомаха» на гусеничной базе при высокой проходимости оснащен манипулятором и представляет собой перспективное решение для оптимизации производственных процессов в сложных или экстремальных условиях.

Список использованных источников

1. Андреев, В.В. / Робототехника в промышленности: тенденции и перспективы. – М.: Издательство МЭИ – 2020. – 256 с.

2. Брылев, А.А. / Гусеничные машины в промышленности: монография // М.: Машиностроение. – 2019. – 184 с.

3. Васильев, В.А. / Современные технологии в логистике: учебное пособие //М.: Юрайт – 2022. – 384 с.

4. Бойцы СВО протестировали гусеничные дроны для быстрой доставки грузов / Звезда. – 2024.

5. Гуськов, В.В. / Манипуляторы и промышленные роботы: учебное пособие для вузов // М.: Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2018. – 480 с.

6. Зайцев, Г.Н. / Системы управления роботами: монография // М. Наука – 2020. – 312 с.

7. Якушев, В.П. / Гусеничные роботы: проектирование и эксплуатация. // М. Издательство МГТУ им. Н.Э. Баумана – 2019. – 320 с.

8. Шеремет, Н.Е. / Автоматизация и роботизация в логистике: монография // М. Издательство МЭИ – 2021. – 272 с.

TRANSPORT AND LOGISTICS ROBOT "ROSOMAKHA"

K.D. Sovetov, R.A. Ulitin, K.V. Lebedinskiy

Penza State University,
Penza, Russia

The article examines the project of the transport and logistics robot «Wolverine» – an autonomous ground robot on a tracked chassis, equipped with a manipulator with an adaptive gripper. The relevance of the development for hazardous industries and the need of industrial enterprises for round‑the‑clock automation of logistics operations are demonstrated.

Keywords: transport and logistics robot, tracked chassis, manipulator, autonomous navigation, industrial robotics, intraplant logistics, production automation, hazardous production conditions, economic efficiency.

УДК 629.039.58

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКОГО РОБОТА «РОСОМАХА»

Р.А. Улитин, К.Д. Советов К.В. Лебединский

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

В статье приведен анализ необходимости и возможности повышения проходимости транспортно–логистического робота. Рассматриваются технические доработки и пути усовершенствования существующей конструкции. Сделаны выводы о востребованности и наличии инженерных решений по повышении проходимости робота.

Ключевые слова: транспортно–логистический робот, планетарный редуктор, гусеница, робот, проходимость, перераспределение веса.

В современном мире автоматизация и роботизация становятся неотъемлемой частью нашей повседневной жизни. Особенно это проявляется в быстроразвивающейся сфере логистики и доставки, где автономные технологии позволяют значительно повысить эффективность и надежность транспортных работ.

Одним из перспективных направлений развития беспилотных технологий является создание и совершенствование роботизированных комплексов, способных работать в различных условиях и преодолевать сложные маршруты, при этом, особую актуальность приобретает вопрос повышения проходимости таких роботов для условий пересеченной местности, неблагоприятных погодных условий или ограниченного доступа.

Для улучшения эксплуатационных характеристик таких систем необходимо проанализировать преимущества и недостатки различных технических решений в данной области.

Особое внимание требуется уделить вопросам оптимизации конструкции, систем управления и распределения веса роботизированных комплексов, что позволит значительно расширить возможности их эффективного применения.

Одним из способов повышения проходимости является увеличение ширины гусениц и изменение рисунка профиля. Геометрия гусеницы – её ширина и профиль напрямую влияют на площадь контакта с поверхностью и характеристики сцепления. Увеличение ширины гусеницы снижает удельное давление на поверхность, что особенно важно при движении по мягким и рыхлым покрытиям, таким как снег, песок или увлажненной почве.

Оптимизация рисунка профиля гусеницы позволяет улучшить сцепление с различными типами поверхностей, для этого может применяться:

1 шашечный профиль, который служит для увеличения баланса сцепления и плавности хода;

2 гребневый профиль для использования по снегу и грязи;

3 гребёнчатый профиль с поперечными грунтозацепами для максимального сцепления на вязких и скользких поверхностях.

Несомненно, наиболее распространённым материалом для гусениц является резина на основе синтетического каучука с добавлением полиуретановых компонентов. Такой материал износостойкий, сохраняет эластичность при низких температурах (до −30 °C).

Второй возможностью доработки является перераспределение веса с учётом установки гидропривода для стрелы манипулятора. Оптимальное распределение массы робота оказывает существенное влияние на его устойчивость, управляемость и проходимость. С учетом того, что в конструкции подразумевается использование гидропривода, что добавляет значительную массу (гидравлический бак, насос, цилиндры, трубопроводы) и смещается центр тяжести, особенно при работе манипулятора с тяжелыми грузами, оптимизация компоновки позволяет компенсировать эти негативные факторы и использовать их для улучшения проходимости.

Предлагается внедрять следующие методы по перераспределению веса:

1 размещение гидросистемы в нижней части корпуса робота, симметрично относительно его продольной оси, в районе геометрического центра гусеничной базы, данный прием позволит не только понизить общий центр тяжести, но и создать дополнительный балласт, повышающий устойчивость;

2 интеграция гидропривода в общую схему развесовки, при этом гидроцилиндры манипулятора могут быть размещены так, чтобы их масса компенсировала смещение при движении;

3 использование небольших подвижных балластов (0,5–1,5 кг), перемещаемых по направляющим внутри корпуса, при этом, при работе манипулятора система позволит автоматически смещать балласт в противоположную сторону от выдвинутой стрелы манипулятора, сохраняя оптимальное положение центра тяжести;

4 активная подвеска с регулированием жёсткости опорных катков каждой гусеницы позволит выравнивать распределение давления на опорную поверхность при наклоне или работе манипулятора путем увеличения жесткости на нагруженной стороне и снижении на разгруженной.

Таким образом, установка гидропривода, несмотря на увеличение массы, может стать инструментом для улучшения устойчивости и проходимости за счёт оптимального перераспределения веса.

Кроме устойчивости требуется повышение тяговых характеристик гусеничного робота. Это можно осуществить за счет модернизации трансмиссии путем установки редуктора с главной передачей, что позволит существенно увеличить крутящий момент, передаваемый от двигателя к ведущим колёсам гусеничного движителя.

Ключевые параметры выбора редуктора включают передаточное число, коэффициент полезного действия, габариты и массу. Применение планетарных редукторов (рис. 1) с передаточным числом от 1:10 до 1:25 позволяет увеличить тяговое усилие без критического снижения скорости движения. Наиболее оптимальным для робота является применение двухступенчатого планетарного редуктора с передаточным числом 1:16 и встроенной системой смазки. Корпус редуктора целесообразно выполнить из алюминиевого сплава, а шестерни из закалённой стали с антифрикционным покрытием.

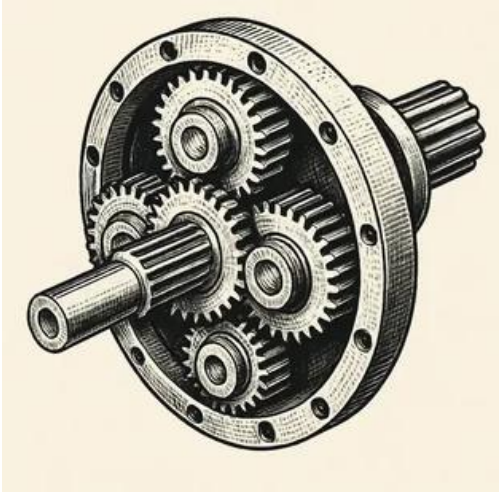


Рисунок 1 – Планетарный редуктор

Использование планетарного редуктора позволит:

1 увеличить тяговое усилие на 40–60 % по сравнению с прямой передачей;

2 снизить нагрузки на электродвигатель, что продлит срок его службы;

3 обеспечит возможность точной настройки баланса между скоростью и тягой.

Повышение проходимости гусеничных роботов – это задача, требующая применения различных технических решений.

Установка редукторов с главной передачей, оптимизация геометрии гусениц и перераспределение веса позволяют значительно расширить возможности применения таких роботов в различных условиях эксплуатации.

Дальнейшие исследования в этой области должны быть направлены на разработку более эффективных систем управления и распределения массы, а также на создание новых материалов и технологий для изготовления гусениц, элементов трансмиссии и гидросистем. Это позволит создать более универсальные и надёжные системы автономной доставки, способные работать в самых различных условиях эксплуатации.

Список использованных источников

1. RU2830322C1. Способ конфигурирования роботизированного курьерского комплекса. – Федеральная служба по интеллектуальной собственности. – 2024.

2. Современные технологии в робототехнике: монография. – / Иванова И.П. / М. Машиностроение. – 2023.

3. Андреев, В.В. / Робототехника в промышленности: тенденции и перспективы // М.: Издательство МЭИ – 2020. – 256 с.

4. Брылев, А.А. /Гусеничные машины в промышленности: монография// М.: Машиностроение. – 2019. – 184 с.

5. Васильев, В. А. /Современные технологии в логистике: учебное пособие // – М.: Юрайт. – 2022. – 384 с.

6. Бойцы СВО протестировали гусеничные дроны для быстрой доставки грузов / Звезда. – 2024.

WAYS TO IMPROVE THE CROSS‑COUNTRY CAPABILITY OF THE TRANSPORT AND LOGISTICS ROBOT “ROSOMAHA”

R.A. Ulitin, K.D. Sovetov, K.V. Lebedinskiy

Penza State University,
Penza, Russia

The article analyzes the need for and feasibility of improving the terrain capability of a transport and logistics robot. Technical modifications and improvements to the existing design are considered. Conclusions are drawn on the demand for such solutions and the availability of engineering approaches to enhancing the robot's terrain capability.

Keywords: transport and logistics robot, planetary gearbox, track, robot, terrain capability, weight redistribution.

УДК 338.49:656.1

ВЫБОР МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАПРАВОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ АВТОПАРКА: КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ПОЛОЖЕНИЮ В СЕТИ И УЧЁТ СТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА

О.О. Хатюшенко

Российский государственный университет нефти и газа (национальный исследовательский университет) имени И.М. Губкина, г. Москва, Россия

В статье рассматривается задача выбора мест размещения автомобильных заправочных станций и комплексов в условиях, когда сеть сокращается, а в автопарке растёт доля электромобилей, распределённых по регионам крайне неравномерно. Действующая классификация заправочных объектов дополнена тремя операциональными признаками: положением в системе расселения и дорожной сети, срочностью инвестиций и применимостью формата, каждый из которых измеряется по открытым данным и переводится в решение о формате объекта. Для трассовых объектов предложена модификация модели коммерческой зоны Д. Хаффа, в которой вероятность выбора заменена детерминированной полезностью площадки для оператора, расстояние задано как отклонение от маршрута, поток разложен на составляющие, введены штраф за сезонность и фильтр нормативной допустимости по мощности зарядной станции. Демонстрационный расчёт показал, что площадка с наибольшим средним потоком может оказаться на последнем месте, если её поток сезонный, а конкуренция выше, чем у других площадок, что делает подход полезным для операторов сетей при планировании нового строительства и реконструкции.

Ключевые слова: автозаправочная станция; автозаправочный комплекс; размещение объектов; дорожный сервис; структура автопарка; электромобили; зарядная станция; транспортный поток; сезонность; модель Хаффа

Розничная топливная сеть России одновременно сжимается и меняет состав своих клиентов. За 2025 год число действующих АЗС уменьшилось на 451 объект, до 27 764, и впервые с 2020 года опустилось ниже 28 тыс.; основную часть закрытий дали независимые операторы, на которых приходится около 65% рынка [7]. Параллельно растёт парк электромобилей. На начало 2026 года он составлял около 0,2 % легкового парка, причём 65 % машин сосредоточено в десяти регионах, а на одну публичную зарядную станцию в среднем по стране приходится около 10 электромобилей и 15 подключаемых гибридов [5]. С 1

марта 2026 года зарядные колонки на АЗС, имеющих технологическое присоединение к электрическим сетям, должны обеспечивать выходную мощность не менее 44 кВт [6]. Требование касается объектов, проектная документация которых утверждается после вступления постановления в силу, то есть именно тех решений о размещении, которые принимаются сейчас.

Для оператора сети это меняет постановку задачи. Привычные критерии выбора площадки, опирающиеся на среднесуточную интенсивность движения и конструктивный тип станции, плохо отвечают на вопрос, какой объект нужен в данной точке и когда его переоборудовать. Работы по розничному рынку нефтепродуктов чаще всего посвящены концентрации и конкуренции между сетями [1] либо организации и управлению топливным бизнесом [2]. Методология проектирования объектов дорожного сервиса разработана подробно [3], проблемы развития зарядной инфраструктуры также описаны [4]. Связь же между структурой автопарка обслуживаемой территории, структурой проходящего потока и решением о формате конкретного объекта формализована слабо.

Цель статьи заключается в разработке методического подхода к выбору мест размещения заправочных объектов, который связывает классификацию объекта со структурой автопарка территории и оценивает маршрутный спрос с учётом состава и сезонности транспортного потока. Объектом исследования служит сеть автомобильных заправочных станций и комплексов, предметом являются методы обоснования их локализации в условиях изменения структуры автомобильного парка.

Нормативные документы, прежде всего НПБ 111–98 и ГОСТ Р 58404–2019, делят заправочные объекты по конструктивным, технологическим и функциональным признакам. Такое деление хорошо описывает устройство станции. О том, где её ставить и в какой очерёдности вкладывать деньги, оно почти ничего не говорит. Поэтому классификация дополнена тремя признаками, у каждого из которых есть измеритель из открытых источников и понятное управленческое следствие (табл. 1).

Таблица 1 – Дополнительные признаки классификации заправочных объектов

Признак	Измеритель	Решение по объекту
Положение в системе расселения и дорожной сети	Формат объекта и характер обслуживаемого спроса (городской или трассовый)	Тип и размер площадки, состав услуг
Срочность инвестиций	Темп изменения доли сегмента в парке зоны обслуживания	Переоборудование сразу либо после подтверждения спроса
Применимость формата	Структура и сезонность транспортного потока	Многотопливный, автоматический или традиционный формат

Источник: составлено автором.

Первый признак разводит городской и трассовый объекты. Городская станция стоит на дорогом участке, обслуживает небольшую зону и живёт за

счёт регулярных обращений местных жителей. Трассовая заправка зарабатывает на транзите, и для неё важна не только интенсивность, но и устойчивость потока в течение года. Отсюда разные требования к размеру площадки и набору услуг: в городе выгоднее компактный формат с быстрой зарядкой, на трассе нужны стоянка, питание и отдых.

Срочность инвестиций определяется иначе. Здесь сравнивается темп прироста доли сегмента (например, электромобилей) в парке зоны обслуживания с его долей в продажах новых машин. Если парк зоны пополняется быстрее, чем следует из продаж, ждать подтверждения спроса не имеет смысла и переоборудование планируется сразу. Обратная ситуация позволяет отложить вложения и сохранить капитал. Признак особенно чувствителен к региональным различиям: на Москву приходится 29 % парка электромобилей, на Московскую область 7,9 %, на Краснодарский край 6,3 %, на Санкт–Петербург 5,6 % [5]. Одинаковая по конструкции станция в Москве и в регионе с единичными электромобилями требует разных решений.

Наконец, применимость формата зависит от того, кто едет мимо площадки. Грузовой поток держится круглый год, туристический резко падает вне сезона. На северных направлениях к этому добавляется сезонная смена сортов дизельного топлива на зимние и арктические, которая усложняет логистику и повышает требования к резервуарному парку. При устойчивом грузовом потоке оправдан многотопливный комплекс, при слабом и неравномерном спросе рациональнее автоматическая станция с минимальным персоналом.

Классификация отвечает на вопрос о формате. Выбор между конкретными площадками требует количественной оценки, и здесь удобной основой служит модель коммерческой зоны Д. Хаффа [8], восходящая к закону розничной гравитации У. Рейли. В исходном виде модель оценивает вероятность того, что потребитель из пункта i выберет торговый объект j, в зависимости от привлекательности объекта и расстояния до него. Для трассовой АЗС у неё три слабых места. Расстояние в ней измеряется от потребителя до магазина, тогда как водитель на трассе не едет к заправке специально, а лишь отклоняется от маршрута. Средняя интенсивность не различает, кто составляет поток и насколько он устойчив. Кроме того, модель никак не связана с обязательными требованиями к объекту.

Предлагаемая модификация устраняет эти ограничения. Поскольку решение о размещении принимает оператор, а не водитель, вероятностная форма $P(i,j)$ заменена детерминированной полезностью площадки $U(j)$. Расстояние задаётся как дополнительный пробег при заезде: $d^*(j) = d(M, j) + d(j, M+1) - d(M, M+1)$, где M и $M+1$ соседние узлы маршрута. Поток раскладывается на нормированную интенсивность (деление на максимум по сравниваемым точкам), нормированные доли туристического и грузового транспорта и долю электромобилей в потоке, а хозяйственная составляющая определяется как остаток $F_{хоз} = 1 - F_{тур} - F_{гр}$ и в свёртку не входит. Свёртка потока записывается как $g(F(j)) = \theta1 \cdot F_{норм}(j) + \theta2 \cdot F_{тур}(j) + \theta3 \cdot F_{гр}(j) + \theta4 \cdot EV(j)$, где $\theta1 = 0{,}30$, $\theta2 = 0{,}20$, $\theta3 = 0{,}15$, $\theta4 = 0{,}25$. Неравномерность потока учитывается долей месяцев с низ-

ким потоком S(j) от 0 до 1, которая входит в полезность как штраф, насыщенность конкурентами нормированной плотностью конкурентов C(j) в радиусе обслуживания, стоимость участка и присоединения нормированной обратной величиной V(j). Полезность площадки записывается как U(j) = wp·g(F(j)) − wc·C(j) − ws·S(j) + wv·V(j), в демонстрации wp = 0,40, wc = 0,25, ws = 0,20, wv = 0,15. Привлекательность по расстоянию убывает как 1 / (1 + d*(j) / d0), где d0 характерное расстояние зоны; в демонстрационном расчёте отклонение от маршрута не варьировалось и в расчёт не входит. Перед расчётом площадки проходят фильтр допустимости: для нового объекта, присоединённого к электрическим сетям, обязательна зарядная станция мощностью не менее 44 кВт [6], и площадка, где её невозможно разместить, из дальнейшего сравнения исключается.

Демонстрационный расчёт выполнен для трёх условных точек, значения параметров которых оговорены как условные: трассовой курортной А, городской Б и трассовой грузовой В. Все три точки проходят фильтр допустимости. Исходные данные и результаты приведены в табл. 2.

Таблица 2 – Демонстрация выбора точки на условных модельных данных

Точка	Поток, авт./сут	Fнорм	Fтур	Fгр	EV	g(F)	C	S	V	U	Ранг
А. Трассовая курортная	12 000	1,000	0,70	0,15	0,20	0,513	0,40	0,60	0,55	0,0675	3
Б. Городская	8 000	0,667	0,10	0,25	0,60	0,408	0,20	0,05	0,70	0,2080	1
В. Трассовая грузовая	5 000	0,417	0,05	0,70	0,15	0,278	0,05	0,10	0,80	0,1985	2

Источник: расчёт автора на условных модельных данных.

Результат расходится с интуитивной оценкой. По средней интенсивности потока точки выстраивались бы в порядке А, Б, В, по модели порядок другой: Б, В, А. Точка А, через которую проходит больше всего машин, уходит на последнее место: показатель сезонности 0,60 и наибольшая из трёх точек конкуренция (0,40) перекрывают её преимущество по интенсивности. Из разрыва между Б и А в 0,1405 на сезонность приходится 0,110. Городская точка Б занимает первое место, хотя поток у неё в полтора раза ниже. Он стабилен, конкурентная среда умеренная, а доля электромобилей в потоке максимальна и равна 0,60, поэтому по свёртке потока Б отстаёт от А лишь на 0,105 (0,408 против 0,513). Грузовая точка В при самом слабом потоке занимает второе место за счёт самой низкой конкуренции, низкой сезонности и наиболее выгодных условий по участку (V = 0,80). Разрыв между первой и второй позициями невелик (0,0095), а порядок Б и В чувствителен к весам, поэтому его нужно проверять при апробации на реальных данных. Последнее место точки А устойчивее: по расчёту автора оно сохраняется примерно в 94 % случайных наборов весов wp, wc, ws и wv. Иначе говоря, выручка трассового объекта определяется не средним уровнем потока, а его составом и устойчивостью.

Из этого следуют практические выводы для операторов. При отборе площадок под новое строительство стоит запрашивать не только среднесуточную

интенсивность, но и её помесячную динамику и состав. Реконструкцию действующих станций разумно начинать с зон, где доля электромобилей в местном парке растёт быстрее продаж, а не с крупнейших по объёму регионов. Для независимых операторов, которые сейчас уходят с рынка быстрее других [7], подход полезен ещё и тем, что помогает отказаться от площадок с высоким, но сезонным потоком до того, как в них вложены деньги.

Научная новизна работы состоит в дополнении классификации заправочных объектов признаками, связывающими тип объекта со структурой автопарка обслуживаемой территории, и в адаптации модели Хаффа к трассовым объектам за счёт маршрутного отклонения, разложения потока, штрафа за сезонность и нормативного фильтра. Практическая значимость заключается в том, что подход опирается на открытые данные и может применяться сетевыми и независимыми операторами при планировании строительства и переоборудования АЗС и АЗК.

Список использованных источников

1. Гордеев Д.С., Косухина Е.А. Оценка концентрации фирм в сфере розничной торговли нефтепродуктами в РФ // Экономическое развитие России. 2020. Т. 27, № 11. С. 52–68. EDN: QZYYVN.

2. Девликамова Г.В. Развитие организации и управления розничным топливным бизнесом // Менеджмент в России и за рубежом. 2022. № 1. С. 90–97. EDN: PPYNQQ.

3. Масленников В.А., Заика М.В., Маркелов А.В. Методология проектирования объектов дорожного сервиса автомобилей // Мир транспорта. 2023. Т. 21, № 2 (105). С. 61–67. DOI: 10.30932/1992–3252–2023–21–2–7. EDN: NAHXRN.

4. Семчишина О.Т. Ключевые проблемы и перспективы развития зарядной инфраструктуры для электромобилей // Экономика, предпринимательство и право. 2025. Т. 15, № 3. С. 1791–1808. DOI: 10.18334/epp.15.3.122596. EDN: ZVSYAR.

5. «Высокий спрос». Зарядные станции для электрокаров оказались перегружены [Электронный ресурс] // Autonews.ru. 2026. URL: https://www.autonews.ru/news/6a5f76c29a7947804afac7c9 (дата обращения: 18.10.2026).

6. Постановление Правительства РФ от 28.07.2025 № 1114 [Электронный ресурс] // ППТ.ру. 2025. URL: https://ppt.ru/obzory/vstupaet–v–silu/postanovlenie–pravitelstva–rf–28–07–2025–1114 (дата обращения: 18.10.2026).

7. Чабан Е. Сколько заправок закрылось в России после топливного кризиса [Электронный ресурс] // Эксперт. 2026. URL: https://expert.ru/promishlennost/azs–slivayutsya–s–rynka (дата обращения: 18.10.2026).

8. Huff D.L. Defining and Estimating a Trading Area // Journal of Marketing. 1964. Vol. 28, No. 3. P. 34–38.

SITE SELECTION FOR FILLING STATIONS UNDER A CHANGING VEHICLE FLEET STRUCTURE: CLASSIFICATION BY NETWORK POSITION AND ACCOUNTING FOR TRAFFIC FLOW STRUCTURE

O.O. Khatyushenko

Gubkin Russian State University of Oil and Gas (National Research University), Moscow, Russia

The paper addresses site selection for filling stations and service complexes at a time when the Russian retail fuel network is shrinking while the share of electric vehicles grows unevenly across regions. The existing classification of filling facilities is extended with three operational criteria: position in the settlement and road network, investment urgency, and format applicability, each measured with open data and linked to a decision on the facility format. For highway facilities, the Huff trading area model is modified: choice probability is replaced by a deterministic site utility for the operator, distance is defined as a detour from the route, traffic is decomposed by segment, and a seasonality penalty and a regulatory filter on charger capacity are introduced. A demonstration calculation shows that the site with the highest average traffic may rank last when its traffic is seasonal and competition is stronger than at other sites, which makes the approach useful for network operators planning new construction and retrofits.

Keywords: filling station; fuel service complex; facility location; roadside services; vehicle fleet structure; electric vehicles; charging station; traffic flow; seasonality; Huff model

УДК 656.1

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ

Е.Ю. Царегородцева, О.М. Зайцева

Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, Россия

В статье рассматриваются ключевые векторы развития современного автотранспортного комплекса России. Анализируется переход от экстенсивной модели эксплуатации транспортных средств к интенсивной, основанной на интеллектуализации, цифровизации и экологизации. Особое внимание уделяется технологическому суверенитету, развитию беспилотных технологий и адаптации инфраструктуры к эксплуатации в экстремальных климатических условиях. Обосновывается необходимость формирования единого цифрового контура управления транспортом.

Ключевые слова: автотранспортный комплекс, интеллектуальные транспортные системы, беспилотный транспорт, электрификация, транспортная стратегия, технологический суверенитет, логистика.

Современный этап функционирования автотранспортного комплекса России характеризуется фундаментальной структурной перестройкой. Внешние вызовы, санкционное давление и необходимость обеспечения технологического суверенитета трансформировали приоритеты развития отрасли. Если ранее вектор был направлен на импорт готовых технологий и транспортных средств, то сегодня акцент сместился на развитие собственных конструкторских компетенций, локализацию компонентной базы и создание инновационных систем управления. Целью настоящей статьи является систематизация перспективных направлений развития автотранспортного комплекса, способных обеспечить его конкурентоспособность в период до 2030–2035 годов [1].

Основой модернизации отрасли становится создание единого цифрового контура управления. Внедрение отечественных телематических транспортных систем (ТТС) позволяет перейти от простого мониторинга местоположения к предиктивной аналитике.

Телематика и Big Data: сбор и анализ больших данных о состоянии транспортных средств, дорожной обстановке и поведении водителей позволяет оптимизировать логистические цепочки, снижать расход топлива на 10–15 % и предотвращать аварийные ситуации.

Цифровые платформы: Развитие мультимодальных логистических платформ, объединяющих автомобильный, железнодорожный и морской транспорт, обеспечивает бесшовную доставку грузов. Приоритет отдается защищенным отечественным программным решениям, исключающим зависимость от зарубежного ПО.

Интеллектуальные транспортные системы (ИТС): внедрение ИТС в городских агломерациях и на федеральных трассах (включая масштабный проект ЦКАД) позволяет динамически управлять трафиком, снижать заторы и повышать пропускную способность дорог без их физического расширения [2].

Результаты исследования.

Развитие технологий высокоавтоматизированного вождения (САУП – систем автоматизации управления движением) является стратегическим приоритетом [3].

Беспилотные грузоперевозки: создание беспилотных логистических коридоров на трассах М–11 «Нева» и ЦКАД позволяет нивелировать дефицит водителей–дальнобойщиков и обеспечить круглосуточную работу транспорта. К 2025–2030 годам ожидается переход от тестирования к коммерческой эксплуатации беспилотных грузовиков на магистральных маршрутах [4].

Уровни автоматизации: перспективным направлением является массовое внедрение систем 3–го и 4–го уровней (частичная и условная автоматизация) в коммерческом транспорте, что снижает влияние человеческого фактора, составляющего более 80 % причин ДТП.

Роботизация спецтехники: внедрение автономных карьерных самосвалов и сельскохозяйственной техники, что критически важно для работы в удаленных регионах.

3. Экологизация и развитие альтернативных видов топлива.

В условиях глобального энергоперехода российский автотранспортный комплекс вынужден адаптироваться к ужесточению экологических требований.

Развитие производства электромобилей и электробусов. Однако спецификой России является адаптация технологий к низким температурам. Перспективным направлением здесь выступает развитие водородного транспорта (водородные топливные элементы), который менее чувствителен к холоду и обеспечивает быструю заправку.

Природный газ: масштабный перевод коммерческого транспорта на компримированный (КПГ) и сжиженный (СПГ) природный газ. Россия обладает крупнейшей в мире ресурсной базой, что делает газомоторное топливо наиболее экономически оправданной альтернативой дизелю для автобусов и грузовиков.

Утилизация и жизненный цикл: Развитие технологий переработки отработавших автомобильных компонентов (аккумуляторов, шин) в рамках принципов экономики замкнутого цикла [5]:

– События 2022 года выявили критическую зависимость российского автопрома от импортной электроники и компонентной базы.

– Локализация электроники: Приоритетным направлением является разработка и серийное производство отечественных электронных блоков управления (ЭБУ), систем помощи водителю (ADAS) и полупроводников.

– Материаловедение: Создание новых композитных материалов и высокопрочных сплавов для снижения снаряженной массы транспортных средств при сохранении пассивной безопасности, что напрямую влияет на энергоэффективность.

– Конструкторские компетенции: развитие сети научно–технологических центров компетенций и лабораторий (согласно Концепции научно–технологического развития, до 2035 года) для проектирования транспортных средств с нуля, а не сборки из готовых машинокомплектов [6].

Огромная территория России с наличием Арктической зоны и районов Крайнего Севера требует создания специализированной техники.

Разработка вездеходов и грузовиков, способных эксплуатироваться при экстремально низких температурах (до –60 °С) на зимних дорогах (зимниках). Это требует создания уникальных систем подогрева аккумуляторов, топливных систем и кабин с избыточным давлением.

Модернизация дорожной сети: использование цифровых двойников дорог для мониторинга состояния покрытия в реальном времени и своевременного ремонта, что критически важно для обеспечения северного завоза [7, с. 143].

Таким образом, перспективы развития автотранспортного комплекса России лежат в плоскости синергии цифровых и промышленных технологий. Простая замена импортных автомобилей на локализованные аналоги является недостаточной мерой. Устойчивый рост отрасли возможен только при комплексном

внедрении интеллектуальных систем управления, переходе на альтернативные виды топлива (с акцентом на газ и водород) и достижении полной технологической независимости в производстве критически важных компонентов. Реализация указанных направлений позволит не только обеспечить внутренние потребности экономики в перевозках, но и создать экспортный потенциал для высокотехнологичной транспортной продукции на рынках дружественных стран.

Список использованных источников

1. Алексахина Л.В. Информационная безопасность морского транспорта и логистики региона как объект стратегирования // Вестник Керченского государственного морского технологического университета. 2022. № 4. С. 428–440.

2. Власова, Н.В. Перераспределение грузопотоков в различные виды подвижного состава с учетом современных требований рынка транспортно–логистических услуг / Н.В. Власова, Е.Ю. Царегородцева // Экономика железных дорог. – 2025. – № 2. – С. 69–82

3. Власова, Н.В. Структурные особенности отрасли транспортно–логистических услуг с выделением сегментов, потребителей, конкурентов в кластере грузовых перевозок, экспедиторских и складских услуг / Н.В. Власова, Е.Ю. Царегородцева // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2024. – № 4(84). – С. 32–41.

4. Дмитриева С.И. Логистическое стратегирование как фактор глобальной конкурентоспособности бизнеса // Стратегирование: теория и практика. 2025. Т 5. № 3. С. 390–410.

5. Домино А.С. Влияние глобализации в логистике // NovaInfo.Ru. 2024. № 145. С. 84–85.

6. Гайдо В.К. Стратегическая логистика. От теории к практике. М.: Перо, 2021. 271 с.

7. Царегородцева, Е.Ю. Значение информационных систем для современного общества / Е.Ю. Царегородцева // Культура. Наука. Образование. – 2024. – № 2(71). – с. 143–148.

8. Транспортная стратегия Российской Федерации до 2030 года с прогнозом до 2035 года.

PROMISING DIRECTIONS FOR THE DEVELOPMENT OF THE RUSSIAN FEDERATION'S MOTOR TRANSPORT SECTOR AMIDST STRUCTURAL TRANSFORMATION

E.Yu. Tsaregorodtseva, O.M. Zaitseva

Irkutsk State Transport University,
Irkutsk, Russia

The article examines key development vectors for Russia's modern transport sector. It analyzes the transition from an extensive model of vehicle operation to an intensive one, driven by intellectualization, digitalization, and a shift toward environmental sustainability. Particular attention is given to technological sovereignty,

the development of autonomous vehicle technologies, and the adaptation of infrastructure for use in extreme climatic conditions. The article further substantiates the need to establish a unified digital framework for transport management.

Keywords: motor transport sector, intelligent transport systems, autonomous transport, electrification, transport strategy, technological sovereignty, logistics.

УДК 629.113.004.67

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СТУПИЧНЫХ ПОДШИПНИКОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.В. Чупшев[1], М.А. Терёхин[2]

[1]Пензенский государственный аграрный университет,
г. Пенза, Россия
[2]АО «Радиозавод»,
г. Пенза, Россия

В статье рассмотрена проблема диагностирования ступичных подшипников грузовых автомобилей. В качестве прототипа принят стенд по патенту РФ № 204306, основными недостатками которого являются громоздкость пневматической системы и субъективность оценки люфта. Предложена усовершенствованная конструкция стенда, в которой пневмоцилиндры заменены на электромеханические приводы, а для обработки сигналов применена интеллектуальная система с модулем машинного обучения. Разработанный стенд автоматически анализирует вибрационные параметры и величину люфта, что позволяет исключить человеческий фактор и значительно повысить точность и достоверность диагностики.

Ключевые слова: ступичный подшипник; грузовой автомобиль; техническая диагностика; стенд; электромеханический привод; вибрационный анализ; интеллектуальная система; машинное обучение.

Ступичные подшипники грузовых автомобилей являются одним из наиболее ответственных узлов ходовой части, от технического состояния которого напрямую зависят безопасность движения, управляемость и эксплуатационная надежность транспортного средства. В процессе эксплуатации ступичные подшипники работают в тяжелых условиях: они воспринимают значительные радиальные и осевые нагрузки, возникающие при движении по дорогам с несовершенным покрытием, подвергаются интенсивным вибрационным воздействиям, температурным перепадам, а также агрессивному влиянию внешней среды – влаги, дорожной пыли, противогололедных реагентов. Постоянное воздействие указанных факторов приводит к постепенному развитию дефектов: усталостному выкрашиванию поверхностей качения, абразивному износу, коррозии, бринеллированию и др. [1, 2].

Традиционные методы, основанные на визуальной и органолептической оценке, не обеспечивают требуемой точности и субъективны по своей природе, что не позволяет выявлять дефекты на ранних стадиях развития. Современные технологии диагностики, в числе которых виброакустические, электрические и тепловые методы, предоставляют широкие возможности для объективной оценки состояния подшипниковых узлов. Однако существующие технические средства зачастую имеют ограничения по мобильности, сложности подготовки к диагностике или не обеспечивают комплексного подхода к анализу диагностической информации [1, 2]. В связи с этим проблема своевременного и достоверного диагностирования технического состояния ступичных подшипников приобретает особую актуальность.

За прототип разрабатываемого стенда для диагностики ступичных подшипников грузовых автомобилей нами предлагается принять стенд по патенту РФ №204306. Конструкция стенда включает раму 1 (рисунок 1), на которой установлены ролики 2 для перемещения стенда по направляющим 3 осмотровой канавы 4. В нижней части рамы 1 установлены пневмоцилиндры 5 и 6, штоки которых упираются в упоры 7 и 8, обеспечивая надежную фиксацию рамы 1 относительно стенок осмотровой канавы 4 от возможных смещений. Боковые трубы прямоугольного сечения рамы 1, составляющие ее каркас, служат направляющими 9 для установки и перемещения стойки 10, которая фиксируется от осевого смещения с помощью маховика 11, а в вертикальном направлении – с помощью резьбовой опоры 17 и маховика 12. В верхней части стойки 10 закреплена ось 13 с маховиком 14, на которой установлена балка 15, имеющая возможность вращения на этой оси и фиксации с помощью маховика 14. На концах балки 15 выполнены пазы, в которых установлены мембранные пневмоцилиндры 16 с возможностью перемещения и закрепления с помощью гаек [3].

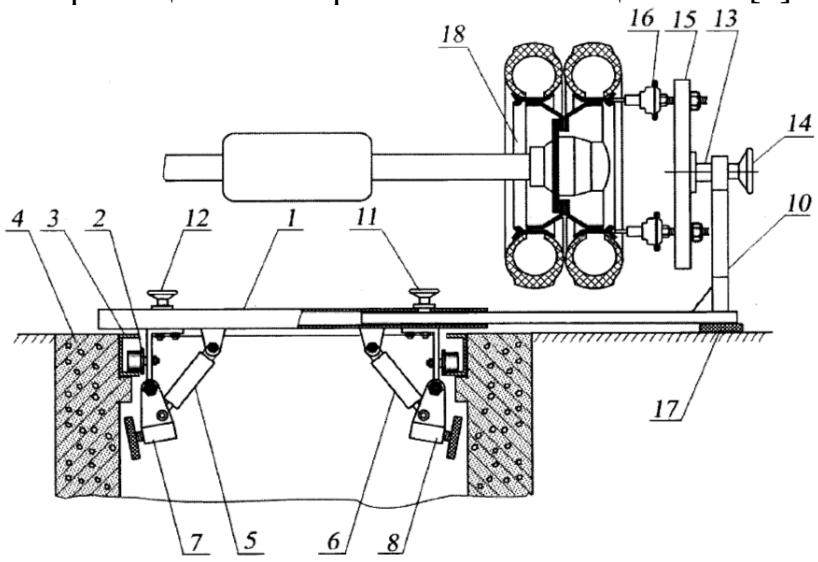


Рисунок 1 – Стенд для диагностики ступичных подшипников грузовых автомобилей по патенту РФ №204306: 1 – рама; 2 – ролики; 3 – направляющие осмотровой канавы; 4 – осмотровая канава; 5, 6 – пневмоцилиндры фиксации; 7, 8 – упоры; 9 – направляющие стойки; 10 – стойка; 11, 12 – маховики фиксации стойки; 13 – ось балки; 14 – маховик фиксации балки; 15 – балка; 16 – мембранные пневмоцилиндры; 17 – резьбовая опора; 18 – колесо автомобиля

Рассмотренный стенд имеет следующие недостатки: сложность конструкции, связанная с необходимостью дополнительного задействования громоздкого пневматического оборудования и низкая точность диагностики, связанная с субъективным характером определения величины люфта ступичного подшипника визуально или органолептически – с помощью руки, приложенной к диску колеса. С целью устранения недостатков нами предлагается разработка стенда усовершенствованной конструкции [4, 5].

Разрабатываемый стенд для диагностики ступичных подшипников грузовых автомобилей предназначен для повышения точности диагностирования за счет автоматизации процесса измерения люфта и анализа вибрационных параметров с применением интеллектуальной обработки сигналов. Общая схема разрабатываемого стенда представлена на рисунке 2.

Конструкция включает осмотровую канаву 1, в которой размещается подвижное основание 2. На основании 2 смонтирована стойка 3, выполняющая роль исполнительного механизма. Рабочий орган стойки 3 взаимодействует непосредственно с диагностируемой ступицей колеса 4. Для разгрузки подвески автомобиля в процессе диагностики используется шток канавного подъемника 5, а для предотвращения отката транспортного средства служит противооткатный упор 6.

В отличие от прототипа, вместо пневмоцилиндров 5, 6 и 16 (на рисунке 1) в конструкции разработанного стенда применены электромеханические приводы, что значительно упрощает конструкцию и исключает необходимость подвода сжатого воздуха. Кроме того, разрабатываемый стенд оснащен интеллектуальной системой обработки сигналов. Датчики, установленные на исполнительном механизме, фиксируют параметры колебаний и величину люфта, а электронный блок автоматически анализирует полученные данные. Это позволяет исключить субъективный человеческий фактор, характерный для прототипа, и обеспечивает высокую точность и достоверность диагностики [5].

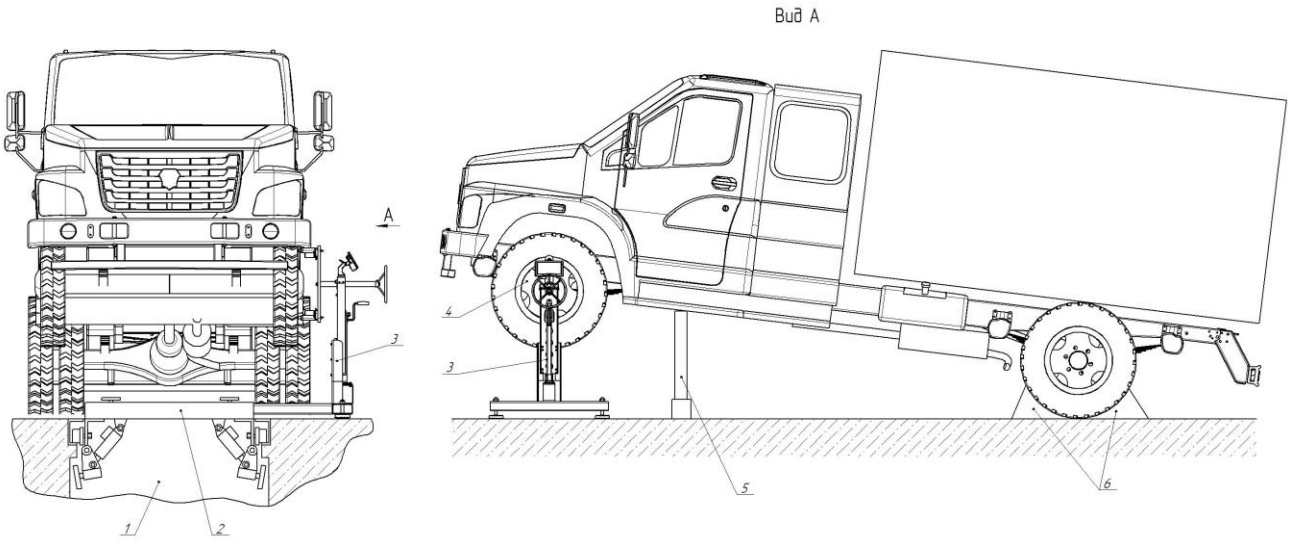


Рисунок 2 – Схема стенда для диагностики ступичных подшипников и элементов рулевых механизмов: 1 – канава осмотровая; 2 – основаниеподвижное; 3 – стойка (исполнительный механизм); 4 – диагностируемая ступица колеса; 5 – шток канавного подъемника; 6 – упор противооткатный

Принцип работы разработанного стенда заключается в следующем. Автомобиль устанавливают на осмотровую канаву и вывешивают диагностируемое колесо. Стенд подкатывают под колесо и фиксируют в канаве с помощью выдвижных упоров электромеханических цилиндров. Затем рабочие органы стенда подводят к диску колеса и надежно фиксируют, а на ступицу устанавливают вибрационный анализатор [4, 5].

Электронный блок управления попеременно подает сигналы на верхний и нижний цилиндры, вызывая раскачивание колеса относительно оси. Вибрационный анализатор фиксирует величину люфта и параметры колебаний, передавая данные в блок управления. Встроенный модуль машинного обучения на основе нейронных сетей обрабатывает сигналы, выделяет полезную составляющую вибрации из общего шума и автоматически оценивает техническое состояние подшипника. Блок также самостоятельно управляет частотой и усилием нажатия цилиндров для повышения достоверности диагностики. Результаты оценки состояния и прогноз остаточного ресурса выводятся на ЖК–дисплей. После завершения проверки одной стороны оси стенд переустанавливают на другую сторону для диагностики второго колеса.

Нами детально разработан главный узел стенда – стойка в сборе. Разработанная стойка является основным несущим и функциональным узлом стенда, обеспечивающим позиционирование силовых цилиндров относительно колеса автомобиля, их надежную фиксацию и управляемое нагружение с возможностью точной регулировки.

Конструктивно стойка (рисунок 3) состоит из основания, включающего две направляющие, поперечную балку 2 с установленными в ней регулируемыми опорами 3, и швеллер 4. На основании на собственных направляющих с возможностью вертикального перемещения посредством винтового домкрата 5 установлена подвижная стойка 6, в верхней части которой зафиксирована гайка 7 ходового винта 8. На переднем конце винта 8 смонтирована балка 10, на которой в регулировочных пазах 11 установлены два электромеханических цилиндра (актуатора) 12. Вращением маховичка 9 через винтовую пару «гайка 7 – винт 8» осуществляется плавное осевое перемещение балки 10 до касания штоков электромеханических цилиндров 12 диска колеса автомобиля. В свою очередь электромеханические цилиндры 12 имеют возможность перемещения вверх и вниз по пазам 11 и фиксироваться в требуемом положении, что позволяет адаптировать стенд под различный диаметр и ширину колесных дисков. Электромеханические цилиндры 12 служат для создания переменного усилия, прикладываемого к колесу, и управляются от электронного блока управления 13 с модулем машинного обучения и встроенным ЖК–дисплеем, смонтированного на подвижной стойке 6. Электронный блок управления 13 принимает сигналы от вибрационного датчика, устанавливаемого на ступицу диагностируемого автомобиля, управляет работой электромеханических цилиндров 12, обрабатывает диагностическую информацию и отображает результаты оценки технического состояния ступичного подшипника.

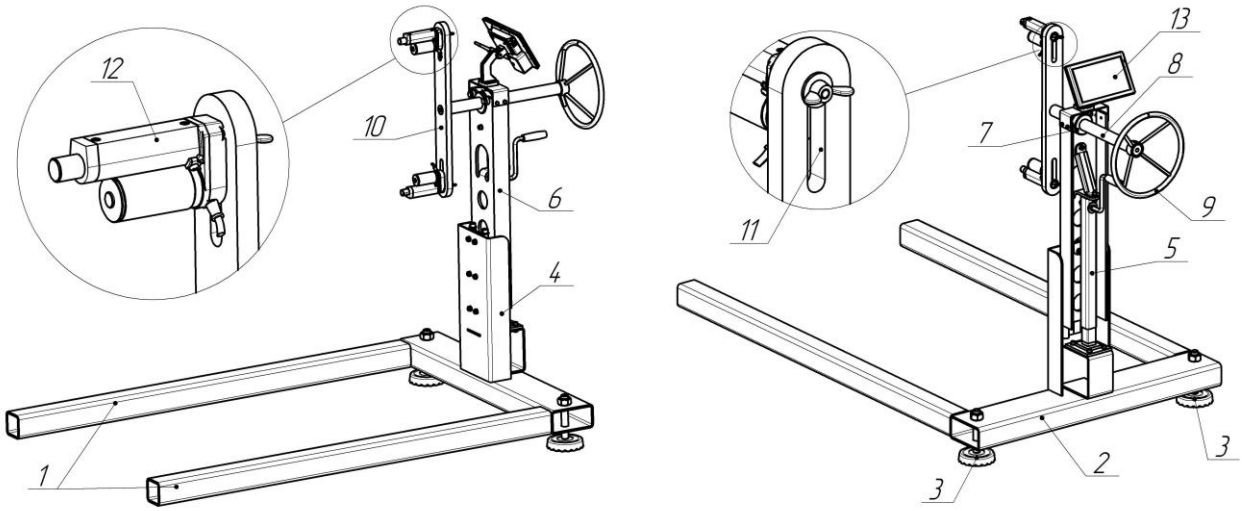


Рисунок 3 – Стойка стенда (в сборе): 1 – направляющие; 2 – балка поперечная; 3 – опора регулируемая; 4 – швеллер; 5 – домкрат винтовой; 6 – стойка подвижная; 7 – гайка; 8 – винт; 9 – маховичок; 10 – балка; 11 – паз регулировочный; 12 – электромеханический цилиндр (актуатор); 13 – электронный блок управления с модулем машинного обучения и встроенным ЖК–дисплеем

Разработанная конструкция превосходит прототип по большинству ключевых показателей: точности, объективности, автоматизации, энергоэффективности и удобству эксплуатации. Замена пневмопривода на электромеханический в сочетании с внедрением интеллектуальной системы обработки диагностических данных позволяет не только устранить недостатки аналога, но и вывести диагностику ступичных подшипников на качественно новый уровень, соответствующий современным требованиям цифровизации сервисных процессов.

Список использованных источников

1. Жданов, В.В. Методы диагностирования ступичных подшипников автомобиля / В.В. Жданов, М.В. Майоров // Качество продукции: контроль, управление, повышение, планирование: Сборник научных трудов 4–й Международной молодежной научно–практической конференции. В 3–х томах, Курск, 15 ноября 2017 года / Ответственный редактор Е.В. Павлов. Том 1. – Курск: Закрытое акционерное общество "Университетская книга", 2017. – С. 229–232. – EDN YNSUAI.

2. Майоров, М.В. Диагностирование ступичных подшипников автомобиля / М.В. Майоров, В.В. Мишин, В.Н. Чернышов // Мир транспорта и технологических машин. – 2013. – № 2(41). – С. 9–16. – EDN RILBLV.

3. Патент на полезную модель № 204306 U1 Российская Федерация, МПК G01M 13/04, G01M 17/00. Стенд для диагностики ступичных подшипников грузовых автомобилей: № 2020142045: заявл. 18.12.2020: опубл. 19.05.2021 / О.В. Ворожцов; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Псковский государственный университет". – EDN EQCCWA.

4. Гаспарова, Л.Б. Разработка программно–аппаратного комплекса для диагностики подшипниковых узлов автомобиля / Л.Б. Гаспарова // Современные научные разработки. Инновационный аспект: Сборник статей XIX между-

народной научной конференции, Санкт–Петербург, 05 декабря 2023 года. – Санкт–Петербург: ООО "Международный институт перспективных исследований им. Ломоносова", 2023. – С. 25–27. – EDN WYQMEX.

5. Патент на полезную модель № 238739 U1 Российская Федерация, МПК G01M 13/04. Стенд для диагностики ступичных подшипников грузовых автомобилей: заявл. 21.07.2025: опубл. 11.11.2025 / А.И. Чмыхало, М.В. Масюков, А.А. Карандеев [и др.]; заявитель Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования "Национальный исследовательский ядерный университет "МИФИ". – EDN XATUWQ.

DEVELOPMENT OF A TEST BENCH DESIGN FOR DIAGNOSTICS OF TRUCK WHEEL HUB BEARINGS

A.V. Chupshev [1], M.A. Terekhin [2]

[1] Penza State Agrarian University, Penza, Russia
[2] JSC Radiozavod, Penza, Russia

The article considers the problem of diagnosing truck wheel hub bearings. A test bench according to Russian patent No. 204306 is adopted as a prototype, the main disadvantages of which are the bulkiness of the pneumatic system and the subjectivity of backlash assessment. An improved design of the test bench is proposed, in which pneumatic cylinders are replaced by electromechanical drives, and an intelligent system with a machine learning module is used for signal processing. The developed test bench automatically analyzes vibration parameters and the backlash value, which eliminates the human factor and significantly increases the accuracy and reliability of diagnostics.

Keywords: wheel hub bearing; truck; technical diagnostics; test bench; electromechanical drive; vibration analysis; intelligent system; machine learning.

УДК 629.113.004.67

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ПРОВЕРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОЛЕС ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

А.В. Чупшев[1], М.А. Терёхин[2]

[1]Пензенский государственный аграрный университет, г. Пенза, Россия
[2]АО «Радиозавод», г. Пенза, Россия

Рассмотрена проблема контроля герметичности колес грузовых автомобилей, масса которых может достигать 130 кг. Традиционные методы, основан-

ные на ручном погружении и вращении колеса в ванне с водой, являются трудоемкими и требуют значительных физических усилий. Предложена конструкция специализированного стенда с пневматическим приводом и трехзахватным механизмом фиксации, обеспечивающим надежное удержание колеса в вертикальном положении при подъеме, опускании и вращении в воде. Описаны конструктивные особенности и принцип работы разработанного устройства, позволяющего механизировать процесс проверки и повысить производительность шиномонтажного участка.

Ключевые слова: герметичность колеса; грузовой автомобиль; стенд для проверки колес; пневмопривод; трехзахватное устройство; шиномонтажный участок; механизация.

Важным аспектом, определяющим долговечность автомобильной шины, является сохранение ее герметичности в процессе эксплуатации. Даже незначительные повреждения каркаса, бортов или вентиля могут приводить к медленной потере давления, что чревато ускоренным износом, перегревом, разрушением шины, а также повышенным расходом топлива и ухудшением управляемости автомобиля. Традиционные методы контроля герметичности, такие как визуальный осмотр и погружение в ванну с водой, являются трудоемкими, особенно для габаритных грузовых колес, масса которых может достигать 130 кг. Ручной подъем и вращение колеса требуют значительных физических усилий персонала, увеличивают время обслуживания и создают неудобства в работе, что в целом снижает производительность шиномонтажного участка [1].

В связи с этим внедрение специализированного устройства для механизированной проверки герметичности колес грузовых автомобилей представляет собой актуальную задачу. Такое устройство позволит значительно снизить трудоемкость и повысить точность контроля целостности шины после ремонтных или монтажных операций, исключив ручной труд, связанный с погружением тяжелых колес в ванну и их вращением, обеспечит надежное выявление утечек воздуха, что в конечном итоге повысит качество обслуживания и экономическую эффективность работы шиномонтажного участка СТО за счет сокращения времени простоя автомобилей и оптимизации использования рабочего времени персонала.

Краткий анализ существующих конструкций устройств для проверки герметичности автомобильных колес [2–4] позволил выявить их основные достоинства и недостатки. С одной стороны, патентом РФ № 227384 предложена мобильная тележка с пневматическим приводом подъема и возможностью вращения колеса в воде, что крайне важно для грузовых шин, имеющих значительную массу [3]. С другой стороны, в устройстве по авторскому свидетельству № 204151 реализована эффективная система раздвижных опор для надежной фиксации камеры при погружении [5].

В целях объединения преимуществ указанных технических решений была разработана конструкция устройства для проверки герметичности колес грузовых автомобилей, которая представляет собой симбиоз мобильной тележки с

пневмоприводом и трехзахватного механизма фиксации, обеспечивающего надежное удержание колеса в вертикальном положении как при подъеме, так и при вращении в ванне с водой.

Конструкция устройства для проверки колес грузовых автомобилей на герметичность включает раму 1 (рисунок 1), на которой установлена полимерная ванна 2, заполняемая водой. Основным рабочим органом является устройство фиксации колеса 3, оснащенное пневмоцилиндром 4, тремя захватами 5 и системой рычагов. Это устройство смонтировано на каретке 6, которая, в свою очередь, установлена на штоке пневмоцилиндра 9, установленного на раме 1 посредством нижнего 7 и верхнего 8 кронштейнов. Управление потоками сжатого воздуха для поочередного включения в работу пневмоцилиндров 4 и 9 осуществляется пневмораспределителем 10.

Принцип работы устройства следующий. Колесо грузового автомобиля подкатывают к устройству и слегка наклоняют его на бок, чтобы посадочное отверстие на диске колеса под ступицу и верхний захват 5 устройства 3 для фиксации колеса вошли в зацеп. Посредством пневмораспределителя 10 сжатый воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра 9, его шток выдвигается, поднимая каретку 6 вместе с устройством для фиксации колеса.

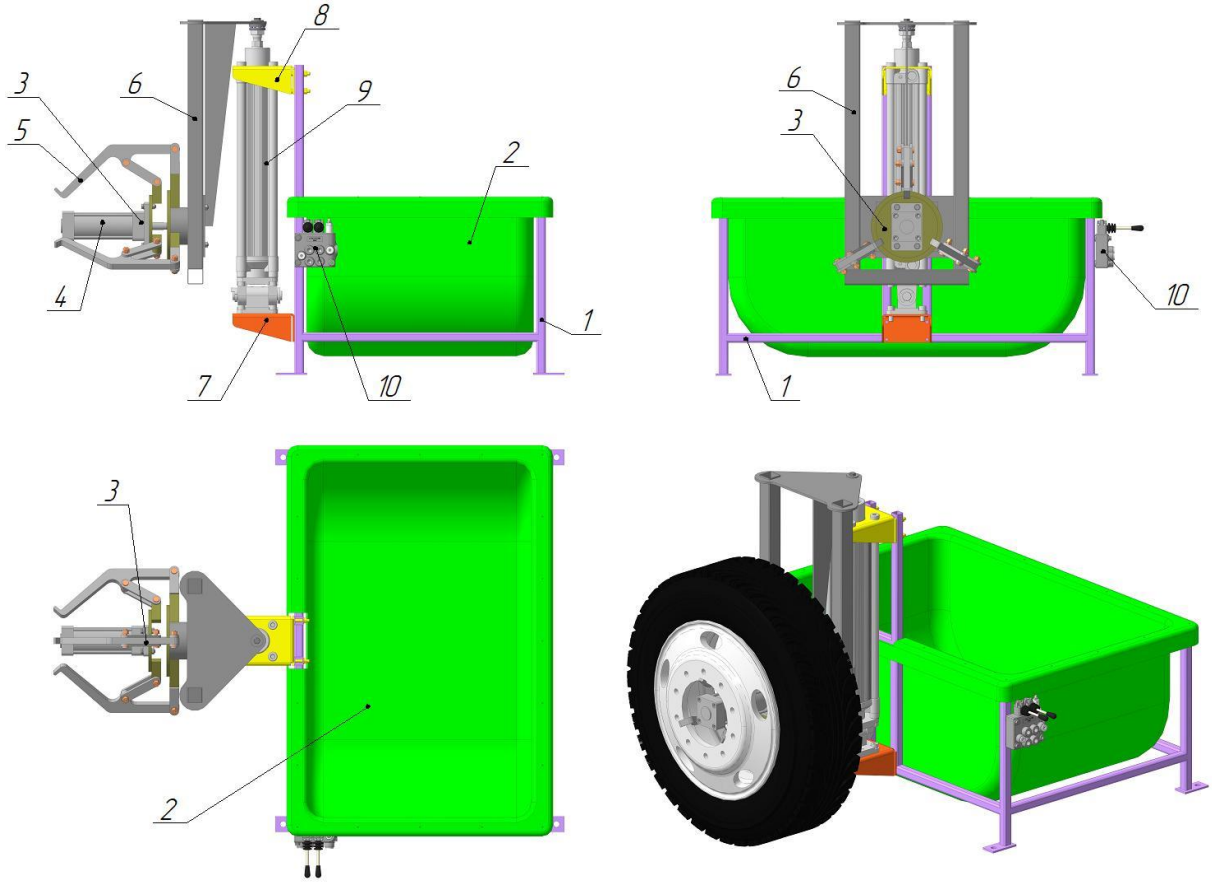


Рисунок 1 – Общий вид устройства для проверки колес грузовых автомобилей на герметичность: 1 – рама; 2 – ванна полимерная; 3 – устройство фиксации колеса; 4 – пневмоцилиндр; 5 – захват; 6 – каретка; 7, 8 – кронштейн; 9 – пневмоцилиндр; 10 – пневмораспределитель.

Подъем каретки осуществляют до тех пор, пока колесо не оторвется от пола. Затем посредством пневмораспределителя 10 сжатый воздух подается в поршневую полость пневмоцилиндра 4 устройства 3 для фиксации колеса, вследствие чего три захвата раздвигаются, надежно фиксируя колесо в вертикальном положении. После этого продолжают подъем каретки 6 на требуемую высоту до тех пор, пока колесо не окажется в верхней точке. После подъема устройство 3 фиксации колеса вместе с колесом поворачивается на 180 градусов, размещая колесо над ванной 2. Затем через пневмораспределитель 10 воздух подается в штоковую полость пневмоцилиндра 9, его шток втягивается, и каретка 6 плавно опускается, погружая проверяемое колесо в воду полимерной ванны 2. Для обнаружения утечек воздуха погруженное колесо медленно проворачивается вручную вместе с устройством 3 для фиксации колеса, непосредственно в воде, что позволяет визуально идентифицировать места выхода пузырьков воздуха. После завершения осмотра снова через пневмораспределитель 10 подается воздух в пневмоцилиндр 9, каретка 6 вместе с колесом поднимается из ванны 2. Устройство 3 фиксации вместе с колесом поворачивается обратно на 180 градусов в исходное положение, после чего каретка 6 опускается переводом рычага распределителя 10 в соответствующее положение. Затем через пневмораспределитель 10 подается воздух в пневмоцилиндр 4, в результате чего три захвата сходятся, освобождая колесо.

Общий вид устройства для фиксации колеса представлен на рисунке 2. Оно состоит из неповоротного корпуса 1, внутри которого на втулке установлен поворотный корпус 6. На поворотном корпусе 6 закреплен механизм захвата, включающий три вилки 2, три рычага 3 и три захвата 4, причем каждый захват 4 кинематически связан с соответствующими рычагом 3 и вилкой 2. Вилки 2 жестко закреплены на поворотном корпусе 6, а рычаги 3 шарнирно соединены с фланцем пневмоцилиндра 5 таким образом, что при подаче сжатого воздуха в поршневую полость пневмоцилиндра 5 его шток выдвигается, воздействуя на рычаги 3, которые, в свою очередь, разводят захваты 4, обеспечивая надежную фиксацию колеса. При подаче воздуха в штоковую полость шток втягивается, и захваты 4 сводятся, освобождая колесо.

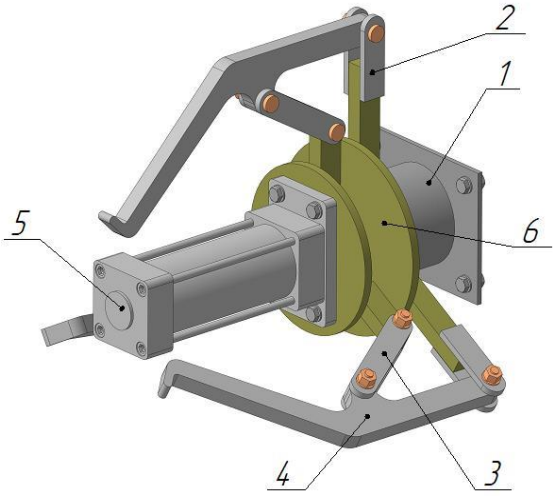


Рисунок 2 – Общий вид устройства для фиксации колеса: 1 – корпус неповоротный; 2 – вилка; 3 – рычаг; 4 – захват; 5 – пневмоцилиндр; 6 – корпус поворотный.

Таким образом, отличительной особенностью разработанного стенда является применение трехзахватного устройства для фиксации колеса, обеспечивающего надежное удержание колеса в вертикальном положении на всех этапах его подъема, опускания и вращения в ванне с водой. Предложенная конструкция позволяет полностью механизировать процесс проверки герметичности, исключить тяжелый ручной труд при работе с колесами массой до 130 кг, повысить безопасность и производительность труда на шиномонтажном участке, а также обеспечить высокое качество контроля целостности шины после ремонтных воздействий.

Список использованных источников

1. Евзович, В.Е. Автомобильные шины, диски и ободья / В.Е. Евзович, П.Г. Райбман – М.: Автополис– плюс, 2010. – 144 с.

2. ВАННА ДЛЯ ПРОВЕРКИ ГРУЗОВЫХ КОЛЕС. Модель – ПГК250. ПАСПОРТ / НАУЧНО–ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ КОМПАНИЯ «АВТОМОТИВ», САНКТ–ПЕТЕРБУРГ, 2017 – 8 с.

3. Патент на полезную модель № 227384 U1 Российская Федерация, МПК G01L 17/00. Устройство для проверки на герметичность колес грузовых автомобилей: № 2024107547: заявл. 22.03.2024: опубл. 18.07.2024 / Р. В. Дорошенко. – EDN XCJXTM.

4. Патент на промышленный образец № 143201 Российская Федерация. Стенд для проверки на герметичность колес грузовых автомобилей: № 2024501512: заявл. 22.03.2024: опубл. 07.08.2024 / Р.В. Дорошенко. – EDN MFKEWE.

5. Авторское свидетельство № 204151 A1 СССР, МПК G01M 17/02. Устройство для проверки камер пневматических шин на герметичность: № 1093849/27–11: заявл. 30.07.1966: опубл. 09.10.1967 / М.И. Огушевич, В.К. Прищепа, Л.Н. Толмачев, В.В. Хохлов; заявитель Приволжское территориальное транспортное управление. – EDN TKVTAR.

DEVELOPMENT OF A TEST BENCH FOR CHECKING THE TIGHTNESS OF TRUCK WHEELS

A.V. Chupshev [1], M.A. Terekhin [2]

[1] Penza State Agrarian University, Penza, Russia
[2] JSC Radiozavod, Penza, Russia

The problem of tightness control of truck wheels, the mass of which can reach 130 kg, is considered. Traditional methods based on manual immersion and rotation of the wheel in a water bath are labor–intensive and require significant physical effort. A design of a specialized test bench with a pneumatic drive and a three–jaw clamping mechanism is proposed, which ensures reliable retention of the wheel in a vertical position during lifting, lowering, and rotation in water. The design features

and the operating principle of the developed device are described, which allows mechanizing the testing process and increasing the productivity of the tire fitting area.
Keywords: wheel tightness; truck; wheel testing stand; pneumatic drive; three–jaw device; tire fitting area; mechanization.

УДК 621.983

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО–ИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

С.Д. Шеховцов

Тульский государственный университет,
г. Тула, Россия

В статье рассматривается технология магнитно–импульсной штамповки как альтернатива традиционным методам обработки металлов давлением в автомобилестроении. Подробно описаны физические основы процесса, влияние высокоскоростного деформирования на напряженно–деформированное состояние легких сплавов и особенности компьютерного моделирования. Приведены практические примеры использования технологии для соединения разнородных материалов и формообразования кузовных деталей. Проведен сравнительный анализ экономической эффективности и экологических преимуществ метода.

Ключевые слова: магнитно–импульсная штамповка, автомобилестроение, высокоскоростная деформация, напряженно–деформированное состояние, экономическая эффективность.

Современная автомобильная промышленность находится в состоянии перманентного поиска способов снижения массы транспортных средств. Это важно как для уменьшения расхода топлива в машинах с двигателем внутреннего сгорания, так и для увеличения запаса хода электромобилей. Инженеры массово переходят на использование алюминиевых и магниевых сплавов, а также высокопрочных сталей. Однако традиционные методы холодной штамповки на гидравлических и кривошипных прессах сталкиваются с серьезными проблемами при работе с этими материалами. Алюминий обладает высоким коэффициентом упругого возврата формы, что приводит к пружинению и потере геометрии детали, а также склонен к образованию локальных утонений и трещин при сложных вытяжках. Магнитно–импульсная штамповка предлагает решение этих проблем за счет перевода процесса деформирования в высокоскоростной режим.

В основе магнитно–импульсной штамповки лежит взаимодействие импульсного магнитного поля с электропроводящей заготовкой [1–5]. Батарея конденсаторов накапливает электрическую энергию и за доли миллисекунды разряжает ее на индуктор. Возникающее быстропеременное магнитное поле

наводит в металле вихревые токи. Взаимодействие этих токов с исходным полем порождает силу Лоренца, которая отталкивает заготовку от индуктора и с огромной скоростью прижимает ее к матрице.

Именно колоссальная скорость кардинально меняет напряженно–деформированное состояние металла. При традиционной медленной штамповке пластическая деформация локализуется в weakest link (самом слабом месте), образуя шейку, которая быстро ведет к разрыву. При высокоскоростном нагружении в игру вступают силы инерции. Инерция материала препятствует локализации деформации: металл просто не успевает образовать шейку, и деформация распределяется по объему заготовки гораздо равномернее. Это явление, известное как инерционная стабилизация, позволяет алюминиевым сплавам демонстрировать пластичность, в полтора–два раза превышающую их статические характеристики. Компьютерное моделирование таких процессов требует учета не только статических кривых упрочнения, но и вязко–упругих свойств материала, а также волновых процессов распространения напряжений, что решается в современных конечно–элементных пакетах. Одним из наиболее ярких примеров использования технологии является сборка трубчатых элементов подвески и рулевого управления. Часто возникает необходимость соединить алюминиевую трубу со стальным наконечником. Традиционная сварка плавлением разрушает термическую обработку алюминия и создает хрупкие интерметаллиды. Магнитно–импульсная обжимка позволяет деформировать алюминиевую трубу вокруг стального вала с созданием огромного контактного давления. В некоторых случаях, при правильно подобранных зазорах и скоростях, происходит так называемая магнитно–импульсная сварка. Другим важным направлением является формообразование сложных кузовных панелей из алюминиевых листов. Для преодоления пружинения используется метод электромагнитной калибровки. Деталь сначала формуется на прессе, а затем ее кромки и сложные рельефные участки подвергаются локальному воздействию магнитного поля. Импульсная сила принудительно вдавливает металл в углы матрицы, полностью снимая упругие напряжения и фиксируя геометрию.

Внедрение магнитно–импульсных установок требует пересмотра стандартной экономики штамповочного производства. Капитальные затраты на покупку генератора импульсных токов и специализированной оснастки зачастую ниже, чем стоимость многотонного гидравлического пресса с аналогичным усилием. Энергопотребление установки носит импульсный характер: сеть лишь медленно заряжает конденсаторы, а пиковая мощность берется из накопителя, что снижает требования к заводским электросетям.

Огромный экономический эффект кроется в отказе от технологических смазок. При традиционной штамповке алюминия необходимо использовать дорогие антифрикционные составы, которые затем требуют сложных и экологически грязных процессов мойки и обезжиривания деталей перед покраской или склейкой. Магнитно–импульсная штамповка происходит бесконтактно со стороны инструмента–индуктора, поэтому смазка не требуется вовсе. Это исклю-

чает целые переделы из технологического цикла, экономя площади, воду, реагенты и время.

Что касается стойкости оснастки, то индукторы подвержены электромагнитным и механическим нагрузкам и требуют периодической замены. Однако стоимость изготовления медного индуктора с эпоксидным или стеклопластиковым армированием несопоставимо ниже стоимости фрезеровки и термообработки массивного стального пуансона для традиционного пресса. Матрица при этом изнашивается минимально, так как удар заготовки о нее происходит через воздушный зазор, а пиковые давления распределяются иначе, чем при жестком механическом контакте.

Магнитно–импульсная штамповка занимает прочное место в арсенале автомобильных инженеров. Способность метода повышать пластичность легких сплавов, соединять разнородные металлы без нагрева и исключать использование смазочных материалов делает его инструментом для эпохи электромобильности и облегченных конструкций. Дальнейшее развитие технологии будет связано с совершенствованием методов компьютерного моделирования высокоскоростного деформирования и созданием более долговечных индукторных систем.

Исследование выполнено при финансовой поддержке гранта ректора ТулГУ для обучающихся по образовательным программам высшего образования – программам магистратуры, № НИЧ–8987/МиППФ/25/01/ГРМ_М.

Список использованных источников

1. Сторожев М.В., Попов Е.А. Теория обработки металлов давлением. 4–е изд. М.: Машиностроение, 1977. 423 с.

2. Романовский В.П. Справочник по холодной штамповке. 6–е изд., перераб. и доп. Л.: Машиностроение, 1979. 520 с.

3. Папенова, К.В. Основы технологии машиностроения / К.В. Папенова. – М.: КноРус, 2013. 288 с.

4. Вобликов, Г.А. Социально–экономические аспекты внедрения инновационных технологических процессов обработки металлов давлением в производство / Г.А. Вобликов, С.С. Яковлев // Стратегическое развитие инновационного потенциала отраслей, комплексов и организаций: Сборник статей XIII Международной научно–практической конференции, Пенза, 30–31 октября 2025 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2025. – С. 106–109.

5. Галкин, Ю.С. Исследование операции отбортовки и оценка силовых характеристик с помощью компьютерного моделирования / Ю.С. Галкин, С.С. Яковлев // Известия Тульского государственного университета. Технические науки. – 2025. – № 10. – С. 380–384.

APPLICATION OF MAGNETIC PULSE FORMING FOR PRODUCING PARTS FOR THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

S.D. Shekhovtsov

Tula State University,
Tula, Russia

The article examines the technology of magnetic pulse forming as an alternative to traditional methods of metal forming in the automotive industry. The physical foundations of the process, the effect of high–speed deformation on the stress–strain state of light alloys, and the features of computer modeling are described in detail. Practical examples of using the technology for joining dissimilar materials and shaping body parts are presented. A comparative analysis of the economic efficiency and environmental advantages of the method has been carried out.

Keywords: magnetic pulse stamping, automotive industry, high–speed deformation, stress–strain state, economic efficiency.

УДК 62–83–52–192

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРИВОДАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ

А.Н. Шмойлов

Приволжский государственный университет путей сообщения,
г. Самара, Россия

В работе рассматривается задача повышения надёжности систем автоматического управления (САУ) силовыми приводами на промышленных предприятиях. Анализируются три основных направления: резервирование (структурное, функциональное, информационное), диагностика и прогнозирование технического состояния с использованием методов машинного обучения, а также переход к предиктивному обслуживанию. Отмечается отсутствие единой методологии оценки комплексного показателя надёжности и недостаточная интеграция разнородных методов диагностики. Представлена структурная схема, объединяющая рассмотренные подходы в единый контур обеспечения надёжности. Обосновывается необходимость системного подхода, сочетающего резервирование, диагностику и предиктивное обслуживание для повышения отказоустойчивости и экономической эффективности.

Ключевые слова: надёжность, САУ силовыми приводами, резервирование, диагностика и прогнозирование, предиктивное обслуживание.

Современные промышленные предприятия характеризуются высокой степенью автоматизации технологических процессов, в основе которых лежат

системы автоматического управления (САУ) силовыми приводами. Надёжность этих систем напрямую определяет бесперебойность производства, безопасность эксплуатации и экономическую эффективность предприятий. Выход из строя силового привода может привести к остановке целых технологических линий, аварийным ситуациям и значительным материальным потерям. В связи с этим задача повышения надёжности САУ силовых приводов приобретает особую актуальность, особенно в контексте перехода к концепции «Индустрия 4.0» и внедрения систем предиктивного обслуживания.

Анализ современных исследований показывает, что надёжность электроприводов обеспечивается комплексом мер, закладываемых на этапах проектирования, изготовления и эксплуатации. Согласно действующим нормативным документам, в частности ГОСТ Р 27.102–2021 «Надёжность объекта», под надёжностью понимается свойство объекта сохранять во времени в установленных пределах значения всех параметров, характеризующих способность выполнять требуемые функции [1]. Применительно к силовым приводам ключевыми показателями надёжности являются безотказность, долговечность, ремонтопригодность и сохраняемость [2].

Одним из традиционных и эффективных направлений повышения надёжности является введение различного рода избыточности – структурной, функциональной, информационной. Резервирование может осуществляться как на уровне отдельных компонентов привода (преобразователей, контроллеров, датчиков), так и на уровне всего электропривода целиком. Однако простое дублирование элементов приводит к увеличению массогабаритных показателей и стоимости изделия, что не всегда экономически целесообразно. Поэтому всё большее внимание уделяется совершенствованию структурных схем, упрощению связей и оптимизации состава управляющих элементов. Так, для многодвигательных электроприводов дымососов сталеплавильного производства резервирование отдельных элементов признаётся более экономичным решением по сравнению с установкой дополнительного резервного агрегата.

Вторым стратегическим направлением является развитие систем диагностики и прогнозирования технического состояния. Современные интеллектуальные приводы оснащаются встроенными средствами мониторинга, позволяющими отслеживать пороговые значения электрических и механических параметров и выявлять отклонения на ранних стадиях. Особую роль здесь играют методы машинного обучения: алгоритмы на основе случайных лесов, нейронных сетей и гибридных архитектур (CNN–LSTM) демонстрируют высокую эффективность при обнаружении аварийных режимов силовых электроприводов. Например, для диагностики межвитковых замыканий в пропорциональных соленоидах применяется метод, сочетающий данные и модель, что позволяет прогнозировать деградацию и предотвращать катастрофические отказы.

Третьим направлением выступает переход от планово–предупредительного обслуживания к предиктивному (обслуживанию по фактическому состоянию). Предсказательное обслуживание электропривода позволяет снизить вероятность внепланового простоя производства и минимизировать

затраты на ремонт путём непрерывного мониторинга состояния и прогнозирования остаточного ресурса. Ведущие мировые производители, такие как ABB и Festo, уже предлагают встроенные решения для мониторинга состояния приводов и выявления признаков износа подшипников, расцентровки муфт или кавитации насосов.

Несмотря на значительное количество исследований, посвящённых отдельным аспектам надёности электроприводов, остаётся ряд нерешённых вопросов. В частности, отсутствует единая методология оценки комплексного показателя надёжности САУ силовыми приводами с учётом специфики конкретных промышленных условий; недостаточно проработаны вопросы интеграции разнородных методов диагностики в единую систему управления; требуют дальнейшего развития подходы к обеспечению отказоустойчивости при сохранении экономической эффективности.

Рассмотренные направления повышения надёжности – резервирование, диагностика и прогнозирование технического состояния, а также предиктивное обслуживание – не являются изолированными. Их комплексное применение требует системного представления, учитывающего взаимосвязи между отдельными мероприятиями и их влияние на общий показатель отказоустойчивости. Для наглядного отображения структуры и логики построения таких систем в работе была изучена структурная схема повышения надёжности САУ силовыми приводами, которая объединяет ключевые подходы и показывает их место в едином контуре обеспечения надёжности.

Графически структурная схема повышения надёжности САУ силовыми приводами представлена на рисунке 1.

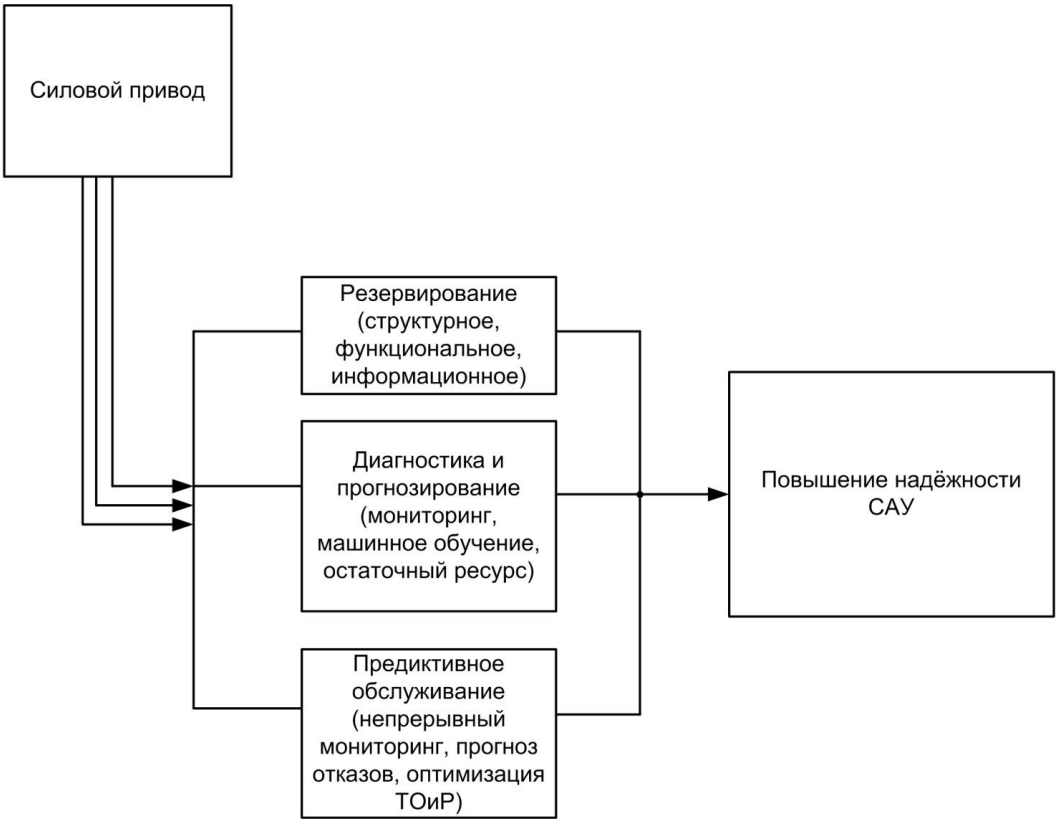


Рисунок 1 – Структурная схема повышения надёжности САУ силовыми приводами

Таким образом, повышение надёжности систем автоматического управления силовыми приводами на промышленных предприятиях представляет собой комплексную научно–техническую задачу, решение которой не сводится к отдельным мероприятиям. Наиболее перспективным является системный подход, объединяющий рациональное резервирование, современные средства диагностики и прогнозирования технического состояния, а также переход к предиктивному обслуживанию. Именно такой подход позволяет одновременно повысить отказоустойчивость, сократить внеплановые простои и сохранить экономическую эффективность эксплуатации оборудования.

Представленная на рисунке 1 структурная схема показывает, что повышение надёжности САУ силовыми приводами требует комплексного подхода: единой методологии оценки, интеграции методов диагностики и оптимизации избыточности.

Список использованных источников

1. Патент на полезную модель № 189719 U1 Российская Федерация, МПК G01R 35/00, G01M 15/05, G01M 13/028. стенд для испытания высокооборотных электрических машин: № 2019104047: заявл. 13.02.2019: опубл. 31.05.2019 / А.Н. Шмойлов, А.В. Клюканов, Ю.В. Шмойлова; заявитель Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Самарский государственный университет путей сообщения" (САМГУПС). – EDN JSVAAR.

2. Шмойлов, А.Н. Разработка стенда для испытания электрических машин подвижного состава / А.Н. Шмойлов, А.В. Клюканов, И.И. Рязяпов // Подвижной состав: современные тенденции и перспективы развития транспортной отрасли: Материалы научного марафона, посвященного 30–летию со дня основания факультета «Подвижной состав и путевые машины», Самара, 19–22 февраля 2019 года. – Самара: Самарский государственный университет путей сообщения, 2019. – С. 51–54. – EDN WJMVCW.

ON THE ISSUE OF IMPROVING THE RELIABILITY OF AUTOMATIC CONTROL SYSTEMS FOR POWER DRIVES AT INDUSTRIAL FACILITIES

A.N. Shmoilov

Volga State Transport University,
Samara, Russia

The paper addresses the task of improving the reliability of automatic control systems (ACS) for power drives at industrial enterprises. Three main areas are analysed: redundancy (structural, functional, informational), diagnostics and forecasting of technical condition using machine learning methods, and the transition to predictive maintenance. The absence of a unified methodology for assessing the comprehensive reliability indicator and the insufficient integration of diverse diagnostic methods are noted. A structural diagram is presented that unites the considered approaches into a single reliability assurance loop. The necessity of a systematic ap-

proach that combines redundancy, diagnostics, and predictive maintenance to enhance fault tolerance and cost efficiency is substantiated.

Keywords: reliability, power drive control systems, redundancy, diagnostics and forecasting, predictive maintenance.

УДК 629.1/.4:621.9.06–52

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ ФРЕЗЕРНЫМ СТАНКОМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ

А.Н. Шмойлов

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия

В статье рассматривается разработка системы автоматического управления специализированным фрезерным станком для транспортного машиностроения. Отмечается актуальность повышения точности и производительности обработки ответственных деталей подвижного состава. Предложена схема САУ, включающая одиннадцать функциональных элементов и образующая замкнутый контур регулирования. Система обеспечивает контроль положения инструмента и вибрационного состояния станка с адаптивным изменением скорости резания. Ожидаемый эффект – повышение точности обработки на 15–20 %, снижение вибраций на 20–30 %, увеличение стойкости инструмента в 1,5–2 раза и рост производительности на 10–15 %.

Ключевые слова: транспортное машиностроение, специализированный фрезерный станок, система автоматического управления, замкнутый контур регулирования, адаптивное управление, вибрационный контроль, точность обработки, стойкость инструмента.

Современное транспортное машиностроение характеризуется непрерывным ростом требований к точности, производительности и надёжности выпускаемых изделий. Особое место в этой отрасли занимает обработка крупногабаритных и ответственных деталей подвижного состава –таких как надрессорные балки тележек грузовых вагонов, буксовые проёмы рам боковых, корпуса автосцепок и коленчатые валы двигателей. Для механической обработки этих деталей широко применяется фрезерование, обладающее по сравнению с традиционным точением рядом преимуществ, в частности повышенной стойкостью инструмента за счёт одновременного резания несколькими зубьями фрезы. Однако специфика обрабатываемых поверхностей и материалов (сталей перлитно–сорбитной структуры, литых и закалённых заготовок) предъявляет особые требования к

оборудованию, которое должно обеспечивать высокую жёсткость, точность позиционирования и адаптивность к изменяющимся условиям резания.

Существующий парк металлорежущего оборудования, применяемый в транспортном машиностроении, включает как универсальные, так и специализированные станки. Так, для обработки направляющих поверхностей буксовых проёмов рам боковых тележек применяется специальный 6–шпиндельный фрезерный станок модели Ф0131Ф2–09. Для обработки профиля колесных пар без выкатки используются колесофрезерные станки КЖ–20, КЖ–207Ф1 и их модификации. Известны также агрегатно–фрезерные полуавтоматические станки для обработки поверхностей корпусов букс колесных пар грузовых вагонов. Вместе с тем анализ показывает, что данные технические решения обладают рядом недостатков. В частности, в колесофрезерных станках каждая фрезерная головка имеет индивидуальный привод, что не позволяет обеспечить одинаковые скорости вращения фрез и, как следствие, приводит к неодинаковости сил резания, неравномерному износу инструмента и упругим деформациям технологической системы. Это, в свою очередь, является причиной погрешностей диаметров обрабатываемых колёс, что крайне нежелательно с точки зрения эксплуатационной надёжности подвижного состава.

Одним из перспективных направлений повышения точности и производительности специализированного фрезерного оборудования является совершенствование систем автоматического управления (САУ). Современные САУ должны не только управлять приводами подач и главного движения, но и обеспечивать адаптацию режимов резания к реальным условиям обработки, компенсировать упругие деформации системы «станок – приспособление – инструмент – деталь» (СПИД) и ограничивать уровень автоколебаний. Исследования в этой области ведутся как в направлении разработки математических моделей САУ приводами подач специализированных фрезерных станков с ЧПУ, позволяющих на стадии проектирования определять диапазоны параметров, обеспечивающих заданное качество переходных процессов, так и в направлении создания систем управления температурным режимом в зоне резания [1]. Значительный вклад в решение проблемы импортозамещения вносит разработка специализированных систем ЧПУ на базе отечественных вычислительных платформ, что особенно актуально в условиях действующих санкционных ограничений [2, 3].

Несмотря на имеющиеся достижения, задача разработки САУ, учитывающей специфику конкретных типов специализированных фрезерных станков для транспортного машиностроения, остаётся не до конца решённой. Каждый тип обрабатываемых деталей и конструкция станка требуют индивидуального подхода к синтезу системы управления, выбору законов регулирования и настройке параметров. Это определяет актуальность настоящей работы.

Разрабатываемая схема перспективной системы автоматического управления специализированным фрезерным станком представляет собой взаимосвязанную совокупность функциональных элементов, обеспечивающих автоматизированный контроль и регулирование процесса обработки колесной пары. Об-

рабатываемая колесная пара устанавливается в станке, несущей основой которого служат станина станка и подрельсовая станина станка, образующие базирующую и силовую часть технологической системы. Для контроля пространственного положения режущего инструмента предусмотрены измерительный блок вертикальных перемещений режущего инструмента станка и измерительный блок горизонтальных перемещений режущего инструмента станка, которые формируют сигналы о фактическом положении инструмента относительно обрабатываемой поверхности. Динамическое состояние процесса резания и самого станка контролируется датчиками вибраций станка. Сигналы от измерительных блоков и датчиков вибраций поступают в блок коммутации, где осуществляется их сбор, согласование и последующая передача. Из блока коммутации информация направляется в блок управления, который выполняет обработку данных, оценку текущих отклонений и формирование управляющих воздействий. В контуре управления также задействована система импульсного формирования управления подсистемы модулирования скорости резания металла, обеспечивающая изменение скорости резания в соответствии с заданным алгоритмом. Сформированные управляющие сигналы проходят через блок преобразования управляющих сигналов привода станка, где приводятся к виду, необходимому для работы исполнительного электропривода станка. Электропривод станка реализует управляющее воздействие на механизмы станка и режущий инструмент, изменяя тем самым режимы обработки колесной пары. В результате перечисленные элементы образуют замкнутый контур автоматического управления, в котором информация о положении инструмента, вибрационном состоянии станка и требуемой скорости резания непрерывно преобразуется в управляющие команды, направленные на повышение точности обработки, устойчивости и производительности фрезерной обработки.

В заключение можно отметить, что разработанная схема перспективной САУ специализированным фрезерным станком объединяет 11 основных функциональных элементов: станину и подрельсовую станину станка, два измерительных блока – вертикальных и горизонтальных перемещений режущего инструмента, датчики вибраций, блок коммутации, блок управления, систему импульсного формирования управления подсистемы модулирования скорости резания металла, блок преобразования управляющих сигналов и электропривод станка. За счёт замкнутого контура управления обеспечивается непрерывный контроль положения инструмента, вибрационного состояния станка и корректировка скорости резания. Ожидаемые показатели эффективности: повышение точности обработки на 15–20 %, снижение уровня вибраций на 20–30 %, увеличение стойкости инструмента в 1,5–2 раза и рост производительности фрезерной обработки на 10–15 %.

Разработанная схема перспективной системы автоматического управления специализированным фрезерным станком для транспортного машиностроения, включающая взаимосвязанные функциональные элементы и образующая замкнутый контур регулирования, обеспечивает контроль положения инструмента и вибрационного состояния станка с адаптивным изменением скорости

резания, что направлено на повышение точности обработки и производительности.

Список использованных источников

1. Легаев, В.П. Повышение эффективности токарной обработки на основе автоматического контроля показателей процесса резания / В.П. Легаев, Л.К. Генералов // Вестник машиностроения. – 2011. – № 1. – С. 44–46. – EDN PYCDUF.

2. Ернеев, М.А. Моделирование работы системы управления приводом трехкоординатного фрезерного станка с ЧПУ / М.А. Ернеев, Ю.В. Истомина // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: Сборник статей VIII Всероссийской научно–технической конференции для молодых ученых и студентов с международным участием, Пенза, 17–18 марта 2022 года / Под научной редакцией В.В. Салмина. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2022. – С. 65–69. – EDN FVKIXQ.

3. Стреляная, Ю.О. Обеспечение стабильности параметров качества деталей на тяжелых токарных станках за счет применения системы динамической стабилизации / Ю.О. Стреляная // Фундаментальные и прикладные проблемы техники и технологии. – 2022. – № 6(356). – С. 157–164. – DOI 10.33979/2073–7408–2022–356–6–157–164. – EDN QEPUKW.

ON THE ISSUE OF DEVE LOPING AN AUTOMATIC CONTROL SYSTEM FOR A SPECIALIZED MILLING MACHINE FOR TRANSPORT ENGINEERING

A.N. Shmoilov

Volga State Transport University,
Samara, Russia

The article discusses the development of an automatic control system for a specialized milling machine for transport engineering. The urgency of improving the accuracy and productivity of processing critical parts of rolling stock is noted. An ACS circuit is proposed, which includes eleven functional elements and forms a closed control loop. The system provides control of the tool position and the vibration state of the machine with adaptive change of cutting speed. The expected effect is an increase in machining accuracy by 15–20 %, a decrease in vibrations by 20–30 %, an increase in tool durability by 1.5–2 times and an increase in productivity by 10–15 %.

Keywords: transport engineering, specialized milling machine, automatic control system, closed–loop control, adaptive control, vibration monitoring, machining accuracy, tool life.

УДК 621.793

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАНЕСЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ТРАНСПОРТНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ

А.Н. Шмойлов

Приволжский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Россия

Рассмотрена задача создания адаптивной автоматизированной системы управления вакуумно–плазменным нанесением нанокомпозитных покрытий на детали транспортных комплексов, включая подвижной состав ОАО «РЖД». Обоснована необходимость перехода от жёстких контроллеров к адаптивным системам, учитывающим возмущения в реальном времени. Разработаны распределённая архитектура и аппаратная платформа с промышленными контроллерами и датчиками; ключевое решение – адаптивные регуляторы с рекурсивной идентификацией и нечётким управлением, стабилизирующие температуру подложки и стехиометрию. Практические результаты: повышение коррозионной стойкости в 3–5 раз, снижение разброса адгезии и толщины на 30–40 %, сокращение простоев подвижного состава.

Ключевые слова: адаптивная автоматизированная система, нанокомпозитные покрытия, вакуумно–плазменное нанесение, управление технологическим процессом.

Актуальность темы исследования. Современное промышленное производство переживает глубокую технологическую трансформацию, связанную с переходом к Индустрии 4.0 и повсеместной цифровизацией производственных процессов. В этих условиях особое значение приобретают технологии поверхностной обработки и нанесения функциональных покрытий, обеспечивающие повышение эксплуатационных характеристик изделий, их коррозионной стойкости, износостойкости и долговечности. Среди всего многообразия покрытий нанокомпозитные покрытия занимают особое положение, поскольку позволяют целенаправленно управлять структурой и свойствами материала на наноуровне, достигая уникальных комбинаций характеристик, недостижимых для традиционных покрытий.

Мировой рынок нанокомпозитов демонстрирует устойчивую положительную динамику. По оценкам аналитических агентств, в 2025 году объём глобального рынка нанокомпозитов составил порядка 9,99 млрд долл., а к 2034 году прогнозируется его рост до 233 млрд долл. Существенный вклад в развитие рынка вносят также аэрокосмическая отрасль, оборонная промышленность, медицинское приборостроение и транспортное машиностроение.

Нанокомпозитные покрытия находят всё более широкое применение в промышленном производстве. Исследования показывают, что никель–фосфорные покрытия с добавлением наночастиц нитрида алюминия (Ni–P–

AlN) демонстрируют улучшенные механические и коррозионные свойства, что делает их пригодными для аэрокосмической, автомобильной и морской отраслей промышленности. Покрытия на основе Ni–P с наночастицами диоксида церия (CeO_2) обеспечивают эффективность защиты от коррозии на уровне 98,44%, что открывает перспективы их применения в отраслях, работающих в агрессивных средах [1].

Отдельным стратегически важным направлением является производство подвижного состава для ОАО «РЖД». Железнодорожный транспорт играет ключевую роль в обеспечении грузовых и пассажирских перевозок, а надёжность и долговечность подвижного состава напрямую влияют на безопасность движения, эксплуатационные расходы и регулярность перевозок. Детали подвижного состава – колёсные пары, оси, тормозные диски, элементы тележек, автосцепные устройства, токоприёмники, кузова и рамы – работают в условиях интенсивных знакопеременных нагрузок, абразивного износа, воздействия влаги, реагентов и перепадов температур. Применение нанокомпозитных покрытий позволяет существенно повысить износостойкость и коррозионную стойкость этих деталей, снизить интенсивность контактно–усталостных повреждений и увеличить межремонтные пробеги. В условиях импортозамещения и необходимости повышения технологической независимости отечественного транспортного машиностроения разработка и внедрение таких покрытий приобретает особую актуальность.

Показательным примером промышленного внедрения нанокомпозитных покрытий является опыт Объединённой двигателестроительной корпорации (ОДК), предприятия которой освоили нанесение наноструктурированных девятислойных покрытий методом квадрупольного ионно–плазменного магнетронного напыления. Одновременно развивается роботизация и автоматизация производства: в 2025 году введены в эксплуатацию роботизированные технологические комплексы для абразивной и размерной доводки поверхностного слоя профиля лопаток, а в ближайших планах – внедрение машинного зрения в процессы неразрушающего контроля и автоматизация загрузочно–разгрузочных операций [2].

Для предприятий, выпускающих подвижной состав для ОАО «РЖД», аналогичные решения могут быть адаптированы применительно к деталям, работающим в условиях фрикционного контакта и агрессивных сред. Это требует учёта специфики железнодорожной эксплуатации: повышенных требований к надёжности, ремонтопригодности, стойкости к ударным нагрузкам и сохранению геометрических параметров в течение длительного срока службы.

В работе решена актуальная научно–техническая задача – создание адаптивной автоматизированной системы управления технологическим процессом вакуумно–плазменного нанесения нанокомпозитных покрытий на детали наземных транспортных комплексов, в том числе подвижного состава железнодорожного назначения [3]. Показано, что традиционные жёсткие программные контроллеры не обеспечивают требуемой стабильности структуры и коррозионной стойкости покрытий в условиях действия возмущающих факторов: изме-

нения состояния мишеней, флуктуаций давления, тепловых инерционностей и колебаний свойств материалов. В связи с этим обоснована необходимость применения адаптивных систем, способных в реальном времени отслеживать состояние процесса и корректировать управляющие воздействия.

Разработана архитектура адаптивной автоматизированной системы и её аппаратная платформа. Система построена по распределённому принципу с использованием промышленных контроллеров и интеллектуальных датчиков, объединённых в единую сеть. В её состав включены широкополосные оптические эмиссионные спектрометры для анализа состава плазмы, волоконно–оптические пирометры для контроля температуры подложек и деталей, емкостные и ионизационные манометры, масс–расходомеры рабочих газов, а также датчики тока и напряжения дуги и магнетрона. Исполнительный уровень включает источники питания магнетронов с быстрым регулированием тока и напряжения, генераторы импульсного смещения подложки, пропорциональные клапаны управления давлением и системы перемещения деталей – планетарные вращатели с регулируемой скоростью.

Ключевая особенность предложенной системы – применение адаптивных регуляторов, подстраивающих параметры управления под текущее состояние процесса и возмущения. Идентификатор параметров на основе рекурсивного метода наименьших квадратов непрерывно оценивает переменные параметры объекта управления: тепловую инерционность детали, скорость распыления мишени, эффективность ионизации. В ходе работы собран и проанализирован массив данных о коррозионных повреждениях деталей подвижного состава – рам тележек, элементов кузова, тормозной арматуры. Определены критические зоны, требования к адгезии, допустимая толщина покрытия (5–15 мкм) и ресурс (не менее 15 лет в условиях умеренно–агрессивной среды). Сформулированы требования к адаптивной системе по диапазонам регулирования параметров, точности стабилизации, быстродействию и интерфейсам взаимодействия.

Практические результаты подтверждают эффективность предложенного решения. Разработанная адаптивная автоматизированная система обеспечивает повышение коррозионной стойкости деталей в 3–5 раз и стабильность свойств покрытий при серийном нанесении, снижая разброс показателей адгезии и толщины на 30–40 %. Внедрение системы позволяет сократить время переналадки оборудования и снизить эксплуатационные затраты за счёт уменьшения простоев подвижного состава, связанных с коррозионными разрушениями.

Список использованных источников

1. Многокомпонентные нанокомпозитные покрытия с адаптивным поведением в поверхностной инженерии / А.Д. Погребняк, А.А. Багдасарян, А.В. Пшик, К. Дядюра // Успехи физических наук. – 2017. – Т. 187, № 6. – С. 629–652. – DOI 10.3367/UFNr.2016.12.038018. – EDN YSVEVL.

2. Технология и оборудование для синтеза нанокомпозитных ионно–плазменных покрытий на рабочих поверхностях геометрически сложных изделий / Б.М. Бржозовский, М.Б. Бровкова, Е.П. Зинина [и др.] // Вестник РГАТА имени П.А. Соловьева. – 2017. – № 1(40). – С. 216–222. – EDN YOYCCD.

3. Гатиятуллин, А.Р. Разработка адаптивной автоматизированной системы для нанесения нанокомпозитных покрытий / А.Р. Гатиятуллин, А.Н. Шмойлов // Инновации технических решений в машиностроении и транспорте: Сборник статей XII Всероссийской научно–технической конференции молодых ученых и студентов, Пенза, 16–17 марта 2026 года. – Пенза: Пензенский государственный аграрный университет, 2026. – С. 92–95. – EDN TRFPFU.

DEVELOPMENT AND IMPLEMENTATION OF AN ADAPTIVE AUTOMATED SYSTEM FOR APPLYING NANOCOMPOSITE COATINGS IN TRANSPORT ENGINEERING

A.N. Shmoilov

Volga State Transport University,
Samara, Russia

The task of creating an adaptive automated control system for vacuum–plasma deposition of nanocomposite coatings on parts of transport complexes, including rolling stock of JSC “Russian Railways”, has been considered. The necessity of transitioning from rigid controllers to adaptive systems that take disturbances into account in real time has been substantiated. A distributed architecture and a hardware platform with industrial controllers and sensors have been developed; the key solution is adaptive regulators with recursive identification and fuzzy control, which stabilize the substrate temperature and stoichiometry. Practical results: an increase in corrosion resistance by 3–5 times, a reduction in adhesion and thickness variability by 30–40%, and a reduction in rolling stock downtime.

Keywords: adaptive automated system, nanocomposite coatings, vacuum plasma deposition, process control.

УДК 656.13

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДТП

Е.В. Шохирев, П.П. Володькин, В.А. Лазарев

Тихоокеанский государственный университет,
г. Хабаровск, Россия

В статье рассматриваются возможности применения нейросетевых моделей для оценки и прогнозирования рисков дорожно–транспортных происшествий в целях обеспечения безопасности дорожного движения. Описаны подходы к формированию признакового пространства, предобработке данных и оценке качества моделей. Определены основные ограничения подхода, связанные с качеством данных, дисбалансом выборок, интерпретируемостью моделей,

необходимостью их обновления, а также правовыми и этическими аспектами использования данных.

Ключевые слова: дорожная аварийность, нейросетевые модели, прогнозирование, безопасность дорожного движения, интеллектуальные транспортные системы.

Аварийность на автомобильных дорогах остается одной из ключевых проблем автотранспортного комплекса, поскольку дорожно–транспортные происшествия связаны не только с человеческими потерями, но и с существенными материальными и социально–экономическими последствиями [6]. Поэтому задачи оценки факторов аварийности и прогнозирования ее изменения сохраняют практическую значимость для участников транспортного процесса.

Анализ статистики дорожно–транспортных происшествий показывает, что проблема безопасности дорожного движения сохраняет актуальность, несмотря на реализацию мероприятий, направленных на снижение аварийности.

Классические методы обеспечения безопасности дорожного движения базируются на совершенствовании инфраструктуры, организации транспортных потоков, профилактических мероприятиях и нормативно–правовой базе. Однако в настоящее время объем различных данных, которыми характеризуются движения автомобилей и формируется его безопасность и безаварийность, поступающих от транспортно–дорожных систем, средств мониторинга, цифровых платформ, значительно возрос. Данное обстоятельство требует использования определенных методов и применения более технологичных инструментов, имеющих возможность одновременно обрабатывать массивы больших данных и учитывать множество взаимосвязанных факторов.

Одним из направлений развития является применение методов машинного обучения, в том числе нейросетевых моделей [1]. Их задача заключается в обработке сложных нелинейных зависимостей, временных рядов, пространственных данных и потоков информации, поступающих от элементов интеллектуальных транспортных систем.

Оценка дорожной аварийности традиционно основывается на анализе статистики зарегистрированных дорожно–транспортных происшествий, изучение динамики основных показателей и выявлении факторов, связанных с случаями аварийности на дорогах и тяжестью последствий. К основным инструментам относятся описательная статистика, корреляционный анализ, регрессионные модели, а также методы классификации. Подобные подходы дают возможность определить характер взаимосвязи между отдельными переменными и получить интерпретируемые результаты [3].

С усложнением структуры получаемых данных возрастает роль оптимального выбора методов машинного обучения. «Деревья решений», «случайный лес» и другие типы предсказательного моделирования, позволяют учитывать большое число признаков и нелинейные зависимости между ними. Преимуществом перечисленных методов является возможность работы с данными разного типа, с последующим построением моделей классификации или про-

гнозирования. При этом выбор конкретного метода должен определяться содержанием задачи, объемом выборки и доступностью качественных исходных данных.

Одним из методов машинного обучения, применяемых в задачах по обеспечению безопасности на автомобильных дорогах в современном мире, являются нейросетевые модели. Их характерной особенностью является способность приближенно заменять упрощая более сложные зависимости между входными и выходными переменными, а при использовании специализированных нейросетевых архитектур – учитывать последовательность наблюдений или пространственную структуру данных. Таким образом, нейросетевые модели могут применяться как для оценки характеристик уже произошедших ДТП, так и для прогнозирования показателей аварийности. Телематические данные, видеопотоки, метеорологическая информация, сведения о параметрах транспортных потоков и данные дорожных датчиков создают информационную основу для регулярного построения и обновления прогнозных моделей. Как итог, аналитическая система может использовать не только накопленную статистику ДТП, но и оперативную информацию, поступающую в реальном времени о текущем состоянии транспортной среды.

Таким образом, традиционные и интеллектуальные методы целесообразно рассматривать не как взаимоисключающие направления, а как взаимодополняющие инструменты. Статистические методы обеспечивают интерпретацию и количественное описание связей, тогда как машинное обучение и нейросетевые модели позволяют расширить возможности обработки сложных массивов данных и построения прогнозов [2].

Выбор архитектуры нейросетевой модели определяется прежде всего типом исходной информации и постановкой задачи. Для безопасности дорожного движения могут использоваться как модели, работающие с табличными данными, так и более сложные, ориентированные на анализ пространственно–временных зависимостей.

Многослойный перцептрон (MLP). Данный тип сети может применяться для табличных данных, у которых нет чёткого порядка или пространственной привязки. MLP подходит для классификации ДТП по характеристикам и для анализа влияния факторов друг на друга.

Рекуррентные сети LSTM и GRU. Такие архитектуры предназначены для работы с последовательностями и временными рядами. Они могут использоваться для прогнозирования количества ДТП и других показателей во времени, т.к. позволяют учитывать зависимость текущего состояния от предшествующих наблюдений.

Сверточные нейронные сети (CNN). Данные сети предназначены прежде всего для анализа изображений, видеопотоков и других данных, имеющих локальную пространственную структуру. В контексте безопасности дорожного движения CNN могут использоваться для обработки информации о дорожной обстановке и объектов транспортной инфраструктуры.

Гибридные пространственно–временные архитектуры. Комбинации CNN–LSTM, GCN–LSTM и других моделей позволяют объединять анализ пространственной структуры и динамики во времени. Подобный подход представляет интерес для задач, в которых риск аварийности зависит одновременно от состояния конкретных участков дорожной сети и изменения транспортной обстановки

Возможности нейросетевого моделирования непосредственно зависят от качества исходных данных. Для задач безопасности дорожного движения источниками информации могут выступать статистика ДТП, данные метеорологических наблюдений, дорожные датчики, системы ГЛОНАСС/GPS, видеонаблюдение и иные элементы цифровой транспортной инфраструктуры. Объединение таких источников позволяет рассматривать аварийность как результат взаимодействия временных, дорожных, транспортных и поведенческих факторов.

Одним из примеров применения нейросетевых моделей, является исследование по прогнозированию аварийности на территории Хабаровского края, в котором была разработана авторегрессионная нейросетевая модель на основе LSTM [5]. Для обучения использовались ежедневные данные за период 2015–2023 гг. По результатам апробации модель воспроизводила общие тенденции и отдельные пики аварийности, а прогнозные значения в целом согласовывались с фактическими.

В указанном исследовании также был рассмотрен прогноз на 30 дней по тестовой выборке. Модель, обученная на предшествующих наблюдениях, использовалась для получения значений на новых данных. Данный пример показывает один из возможных сценариев применения нейросети – получение краткосрочного прогноза, который в дальнейшем может использоваться как основа для планирования профилактических противоаварийных мероприятий. На практике, задача такой модели может заключаться в выявлении участков и периодов повышенной аварийности, формировании прогнозной информации для государственных структур, внедрению и обоснованию профилактических мероприятий и передаче предупреждающей информации участникам дорожного движения.

Перспективы применения нейросетевых моделей в автотранспортном секторе и обеспечении его стабильной работы, при минимизации влияния фактора аварийности связаны, прежде всего, с расширением возможностей получения большего объема информации, с последующим анализом. Дополнительное использование телематики, метеорологических наблюдений, видеопотоков и данных дорожной инфраструктуры может увеличить информативность признакового пространства. При этом развитие вычислительной инфраструктуры создает возможности для перехода от периодического построения прогнозов к их регулярному обновлению по мере поступления новых данных.

Стоит отметить, что нейросетевые методы анализа дорожной обстановки имеют ряд ограничений. Имеется прямая зависимость полученных результатов от качества и объема исходной информации. Ошибки при регистрации ДТП мо-

гут ограничивать переносимость результатов между территориями и информационными системами.

Важным вопросом остается способности рационального применения результатов моделирования. Для практического использования результатов прогнозных моделей необходимо не только его итоговое значение, но и факторы, под влиянием которых оно было получено. Необходимо отслеживать регулярность обновлений и переобучения моделей, поскольку структура транспортных потоков, дорожная инфраструктура и поведение участников движения, подвержены изменениям. Наконец, интеграция больших массивов данных о транспортных средствах и участниках движения связана с правовыми и этическими аспектами.

Дальнейшее развитие направления связано с расширением используемых источников исходных данных, совершенствованием пространственно–временных моделей. В целом нейросетевые технологии при прогнозировании аварийности могут рассматриваться как одна из составляющих реактивного анализа последствий ДТП, а в последствии и базой для превентивного управления рисками в автотранспортном комплексе.

Список использованных источников

1. Бадаква, А.С. Создание наборов данных для искусственного интеллекта: ключевые вызовы и стратегии их преодоления / А.С. Бадаква, Б.В. Мартынов // Интеллектуальные ресурсы – региональному развитию. – 2024. – № 3. – С. 19–28.

2. Володькин, П.П. Анализ признакового пространства дорожно–транспортных происшествий в Хабаровском крае / П.П. Володькин, В.А. Лазарев, Е.В. Шохирев // Транспорт: наука, техника, управление. Научный информационный сборник. – 2026. – № 7. – С. 42–53. – DOI 10.36535/0236–1914–2026–07–8.

3. Зикратова, Т.В. Применение нейронной сети для обнаружения аварийно–опасных ситуаций на дорогах / Т.В. Зикратова, И.А. Зикратов // Научно–технический вестник информационных технологий, механики и оптики. – 2020. – Т. 20, № 2. – С. 301–305. – DOI 10.17586/2226–1494–2020–20–2–301–305.

4. Петрова, А.Ф. Особенности основных инструментов и методов предиктивной аналитики / А.Ф. Петрова, Е.Н. Петров, Р.А. Касимов // Электронные информационные системы. – 2025. – № 1(44). – С. 101–110.

5. Разработка авторегрессионной нейросетевой модели для прогнозирования аварийности на территории Хабаровского края / П.П. Володькин, В.А. Лазарев, Е.В. Шохирев, А.В. Константинов// Интеллект. Инновации. Инвестиции. – 2025. – № 3. – С. 107–120.– https://doi.org/10.25198/2077–7175–2025–3–107.

6. Рубцова, М.В. Безопасность дорожного движения в России: проблемы и пути их решения / М.В. Рубцова // Безопасность дорожного движения. – 2021. – № 3. – С. 4–7.

APPLICATION OF NEURAL NETWORK MODELS FOR ASSESSING AND PREDICTING ROAD TRAFFIC ACCIDENTS

E.V. Shokhirev, P.P. Volodkin, V.A. Lazarev

Pacific National University,
Khabarovsk, Russia

The article examines the possibilities of using neural network models to assess and predict road traffic accident risks in order to ensure road traffic safety. Approaches to the formation of the feature space, data preprocessing, and model quality assessment are described. The main limitations of the approach are identified, related to data quality, sample imbalance, model interpretability, the need to update them, as well as legal and ethical aspects of data use.

Keywords: road accident rate, neural network models, prediction, road traffic safety, intelligent transport systems.

УДК 621.43.052

НАДДУВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО–МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВС НА БЕЗДОРОЖЬЕ

М.Д. Штеклин, А.А. Войнов, В.В. Салмин

Пензенский государственный университет,
г. Пенза, Россия

В статье представлена концепция повышения мощности двигателя внутреннего сгорания за счет применения ресивера с жидким кислородом.

Ключевые слова: двигатель внутреннего сгорания, повышение мощности, жидкий кислород, ресивер, наддув.

Введение

Эксплуатация транспортных средств в условиях бездорожья предъявляет повышенные требования к тягово–мощностным характеристикам двигателя внутреннего сгорания (ДВС). На труднопроходимых участках критически важна способность силовой установки обеспечивать высокий крутящий момент. Недостаток тяги на низких и средних оборотах часто приводит к потере подвижности и пробуксовке ведущих колес, что снижает эффективность и безопасность эксплуатации техники.

Методы увеличения мощности ДВС:

Существует многообразие методов повышения мощности ДВС: конструктивная доработка самого двигателя, применение систем наддува и оптимизация управления.

К конструктивной доработке двигателя относят действия, требующие серьезного вмешательства в конструкцию мотора. Например, расточка цилиндров

и замена поршней, изменение геометрии камеры сгорания, установка распредвалов с измененными фазами. Такие методы действительно способны существенно поднять мощность, но требуют значительных трудозатрат и высокую квалифицированность исполнителей.

В оптимизацию управления входят чип–тюнинг, применение более производительных топливных форсунок, насосов, свечей зажигания. Чип–тюнинг и сопутствующие ему изменения в двигателе позволяют изменить углы опережения зажигания, обогащение смеси, ограничения по наддуву, но прирост мощности ограничен заложенными производителем допусками.

Наддув – это метод, при котором в цилиндры принудительно подается больше воздуха, что позволяет сжечь больше топлива и получить большую мощность без увеличения рабочего объема. Существует турбонаддув и механический приводной компрессор.

Турбонаддув – это турбокомпрессор, который приводится в движение выхлопными газами. Этот метод широко распространен, эффективен на средних и высоких оборотах, но имеет инерционность (турбояму на низких оборотах) и требует сложной интеграции в выпускную систему. Частично проблема турбоямы была устранена с помощью установки электрического компрессора, который работал от 48–вольтовой сети и включался на низких оборотах на несколько секунд, чтобы дать тягу до выхода турбины на нужный режим. Недостатком данного способа является дорогостоящее оборудование, короткое время работы и сложность в обслуживании системы.

Механический приводной компрессор – работает от коленвала, обеспечивает более линейную отдачу, позволяет получить моментальный отклик на газ и высокую приемистость, отличается большим крутящим моментом на низких оборотах. Именно благодаря этим преимуществам нагнетатели достаточно широко применяются при тюнинге двигателей автомобилей, к динамическим качествам которых предъявляются повышенные требования. Недостатком данного способа является затрата части мощности, развиваемой двигателем, на привод компрессора.

Предлагаемое техническое решение

Чтобы использовать принцип работы нагнетателей и в то же время не отбирать часть мощности от двигателя, предлагается использовать ресивер со сжатым воздухом. Для расчетов примем рабочий объём двигателя V_h = 1,7 л, двигатель четырёхтактный, коэффициент наполнения η_v = 0,8. При наддуве 0,5 бар избыточного давления абсолютное давление во впуске ориентировочно будет составлять 1,5 бар, если атмосферное давление принять равным 1 бар.

Для расчета количества воздуха, потребляемого двигателем, используем формулу:

$$Q = (V_h \cdot n / 2) \cdot \eta_v$$

Для приближённого пересчёта объёма к атмосферным условиям применяется отношение абсолютных давлений 1,5 / 1,0. Температурные изменения, потери во впуске и изменение фактического коэффициента наполнения не учитываются.

Ориентировочный расход воздуха:

Частота вращения	Расход при атмосферном давлении	Эквивалентный расход при наддуве 0,5 бар
800 об/мин	544 л/мин	816 л/мин
1000 об/мин	680 л/мин	1020 л/мин
1400 об/мин	952 л/мин	1428 л/мин

Правильность вычислений проверяется с помощью геометрической оценки. В четырёхтактном двигателе полный цикл состоит из впуска, сжатия, рабочего хода и выпуска. Он занимает два оборота коленчатого вала. За один полный цикл каждый цилиндр совершает один такт впуска. Поскольку один такт впуска происходит за два оборота коленчатого вала, средний геометрический объём воздуха на один оборот для одного цилиндра равен:

$$V_1 \text{ об, цил} = 0{,}425 / 2 = 0{,}2125 \text{ л/об.}$$

Следовательно, на один оборот коленчатого вала четыре цилиндра в сумме геометрически набирают:

$$V \text{ об, двиг} = 0{,}2125 \times 4 = 0{,}85 \text{ л/об.}$$

Тогда при 800 об/мин расход воздуха составляет 680 л/мин.

С помощью формулы массового расхода топливовоздушной смеси значение также подтверждается:

$$G_{см} = G_т \cdot (\alpha \cdot l_0 + 1)$$

где:

– $G_{см}$ – массовый расход топливовоздушной смеси, кг/ч;

– $G_т$ – массовый расход топлива, кг/ч;

– α – коэффициент избытка воздуха;

– l_0 – теоретически необходимая масса воздуха для сгорания 1 кг топлива, кг/кг.

Для расчёта принимаем $\alpha = 1$ и $l_0 = 14{,}5$ кг/кг. Массовый расход топлива определяется умножением объёмного расхода на плотность:

$$G_т = \dot{V}_т \cdot \rho_т$$

$$G_т = 12 \text{ л/ч} \cdot 0{,}74 \text{ кг/л} = 8{,}88 \text{ кг/ч}$$

Тогда:

$$G_{см} = 8{,}88 \cdot (1 \cdot 14{,}5 + 1) = 137{,}64 \text{ кг/ч}$$

Объемный расход:

$$Q \approx G_{см} / \rho = 137{,}64 / 1{,}2 = 114{,}7 \text{ м}^3\text{/ч.}$$

$$114{,}7 \text{ м}^3\text{/ч} \times 1000 = 114\,700 \text{ л/ч.}$$

Переводим часовой расход в минутный:

$$114\,700 / 60 \approx 1\,911{,}7 \text{ л/мин.}$$

Предполагается, что ресивер будет использоваться в течении 5 минут. Этого времени достаточно для преодоления небольшого скользкого подъема, где требуется высокий крутящий момент на низких оборотах. Необходимый объём свободного воздуха рассчитывается как $V = Q \cdot t$.

Обороты	Расход при наддуве	Объём воздуха за 5 минут
800 об/мин	816 л/мин	4080 л
1000 об/мин	1020 л/мин	5100 л
1400 об/мин	1428 л/мин	7140 л

Для оценки необходимого объема ресивера примем начальное давление в ресивере 8 бар избыточного (примерно 9 бар абсолютного) и нижний предел 0,5 бар избыточного (примерно 1,5 бар абсолютного). При постоянной температуре теоретический запас свободного воздуха оценивается выражением:

$$V_{рес} \approx V_{св} / (p_1 - p_2)$$

где $V_{св}$ – требуемый объём свободного воздуха; p_1 и p_2 – начальное и конечное абсолютные давления, выраженные в барах. Разность давлений в равна 9 − 1,5 = 7,5 бар.

Обороты	Запас свободного воздуха на 5 мин	Идеальный объём ресивера
800 об/мин	4080 л	544 л
1000 об/мин	5100 л	680 л
1400 об/мин	7140 л	952 л

Расчеты показали, что использовать сжатый воздух в газообразном состоянии нецелесообразно, так как полученные объемы слишком большие для легкового автомобиля. Чтобы решить эту проблему предлагается использовать жидкий кислород. 1 л жидкого кислорода даёт около 800 л газообразного кислорода. Для ориентировочной оценки используем соотношение $V_{газ} \approx 800 \times V_{ж}$. Для 10 л: $V_{газ} \approx 800 \times 10 = 8000$ л, или около 8 м³ газообразного кислорода.

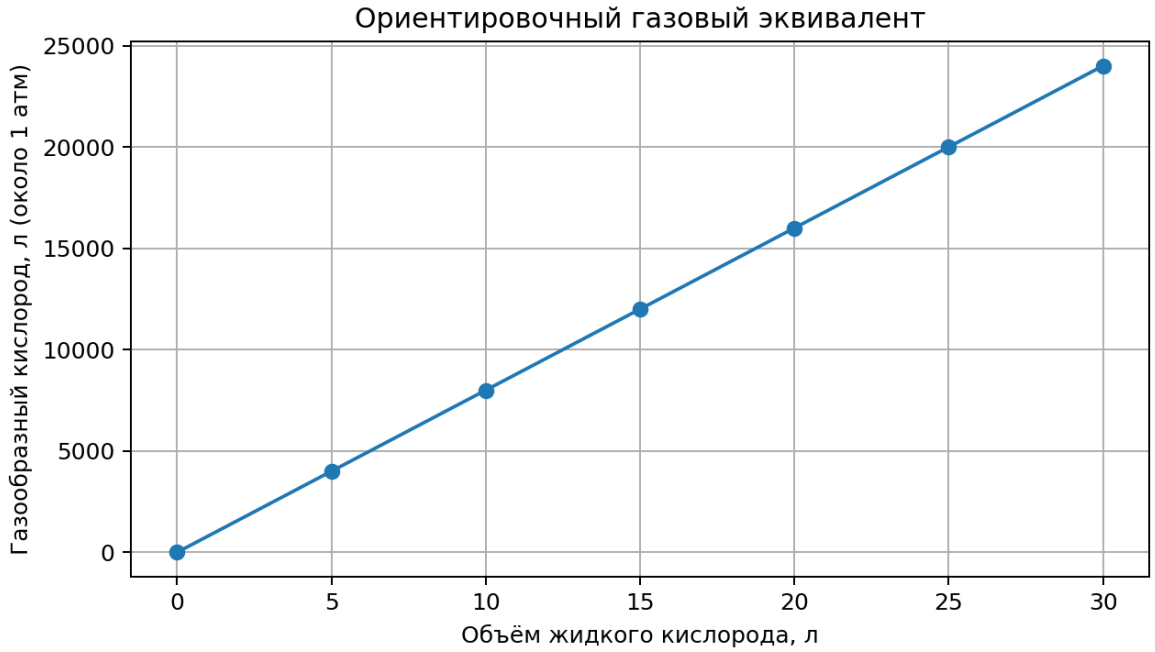


Рисунок 1 – Ориентировочный газовый эквивалент при коэффициенте 800:1.

Используя газовый баллон с жидким кислородом объемом 10л, можно обеспечить двигатель кислородом в течении 5 мин в диапазоне от 800 до 1400 об/мин. Ресивер можно поместить в багажник автомобиля.

Цена 10 литров жидкого кислорода составляет примерно 150 рублей, что подтверждает экономическую целесообразность технического решения.

Таким образом, используя ресивер объемом 10 л можно получить значительный прирост мощности за относительно небольшую стоимость. Это поможет уверенно проходить трудные участки на бездорожье.

Список использованных источников

1. Агейкин, Я.С. Проходимость автомобиля: учебник / Я.С. Агейкин, Н.С. Вольская, И.В. Чичекин. – М.: МГИУ, 2010. – 205 с.

2. Книга о тюнинге современных автомобилей. Увеличиваем мощность двигателя [Электронный ресурс] // Автомастер (AmasterCar.ru). – URL: https://amastercar.ru/tuning/forsazh.shtml (дата обращения: 18.10.2026).

3. Патрахальцев Н.Н., Савастенко А.А. Форсирование двигателей внутреннего сгорания наддувом. – М.: Легион–Автодата, 2007. –76 с.

4. Луканин, В.Н. Двигатели внутреннего сгорания: в 3 кн. / В.Н. Луканин, М.Г. Шатров [и др.]. – Москва: Высшая школа, 2007. – Кн. 1: Теория рабочих процессов. – 479 с.

5. Кузнецов Ю.В., Кузнецов М.Ю. Сжатый воздух. – 2–е изд., перераб. и доп. – Екатеринбург: УрО РАН, 2007. – 711 с. – С. 124.

SUPERCHARGING AS A METHOD FOR IMPROVING THE TRACTION AND POWER CHARACTERISTICS OF INTERNAL COMBUSTION ENGINES OFF–ROAD

M.D. Shteklin, A.A. Voynov, V.V. Salmin

Penza State University,
Penza, Russia

The article presents a concept for increasing the power of an internal combustion engine through the use of a receiver with liquid oxygen.

Keywords: internal combustion engine, power increase, liquid oxygen, receiver, supercharging.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ ГАЗ–3309 И КАМАЗ–4310 НА ИНЕРЦИОННОМ СТЕНДЕ
А.В. Абрамов, В.А. Комаров 3

ПРИМЕНЕНИЕ ДРЕВЕСНЫХ КОМПОЗИТОВ В СТРОИТЕЛЬСТВЕ И МОДЕРНИЗАЦИИ ТРАНСПОРТНОЙ ИНФРАСТРУКТУРЫ
А.А. Айзатова 6

АНАЛИЗ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТЕХНОЛОГИИ АДАПТИВНОГО ТОЧЕНИЯ ПРИ ПРОГРАММИРОВАНИИ ТОКАРНОЙ ОБРАБОТКИ НА СТАНКАХ С ЧПУ
Е.О. Андреев, Ю.В. Истомина 10

СИСТЕМНЫЕ ПРОБЛЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ БОРТОВЫХ СЕТЕЙ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ
М.И. Антипин 13

РОЛЬ СЕЗОННЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ В ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКОМ ОБЕСПЕЧЕНИИ ОСВОЕНИЯ НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЙ КРАЙНЕГО СЕВЕРА
А.Д. Бублик 19

ПОВЫШЕНИЕ КОЭФФИЦИЕНТА ИСПОЛЬЗОВАНИЯ МЕТАЛЛА ПРИ РАСКРОЕ ЛИСТОВЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
Д.Т. Бунтури 23

ВЫБОР КРИТЕРИЕВ РАЗРУШЕНИЯ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДЕФЕКТОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДЕТАЛЕЙ ДАВЛЕНИЕМ
А.Ю. Бухаров 27

ГИБКА ТРУБ ДЛЯ ВЫПУСКНЫХ СИСТЕМ АВТОМОБИЛЕЙ: ДЕФЕКТЫ И СПОСОБЫ ИХ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ
А.И. Ващенко 29

ВНЕДРЕНИЕ ПРИНУДИТЕЛЬНОЙ БЛОКИРОВКИ ПЕРЕДНИХ И ЗАДНИХ КОЛЕС НА АВТОМОБИЛЬ LADA NIVA LEGENT
А.А. Войнов, В.Н. Фурсов 32

ВНЕДРЕНИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ПОЛНОГО ПРИВОДА E–4WD В ПЕРЕДНЕПРИВОДНЫЕ АВТОМОБИЛИ LADA
А.А. Войнов, Я.А. Миронов 35

ПОВЫШЕНИЕ ПЛАВНОСТИ ХОДА АВТОМОБИЛЯ ВАЗ 2131 «ПИКАП» КОМПАНИИ «ПРОМТЕХ»
А.А. Войнов, С.В. Суменков, Д.В. Паршин 40

МОДЕРНИЗАЦИЯ ШАССИ МАЗ–643028 ПОДКАТНЫМ ПОДДЕРЖИВАЮЩИМ МОСТОМ ДЛЯ СНИЖЕНИЯ НАГРУЗКИ НА ОПОРНУЮ ПОВЕРХНОСТЬ
Д.А. Гуляшов, А.А. Войнов 43

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ УПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНЫМ КОМПЛЕКСОМ
А.М. Дюсенов, Э.Ш. Ахметова 49

ВЛИЯНИЕ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ ДВИГАТЕЛЯ АВТОМОБИЛЯ НА ЕГО ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ И ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ
М.А. Ерёмин 53

ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЙ МОНИТОРИНГ ТЕХНИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ АВТОМОБИЛЬНОГО ДВИГАТЕЛЯ ДЛЯ РАННЕГО ВЫЯВЛЕНИЯ НЕИСПРАВНОСТЕЙ
М.А. Ерёмин 56

ЭЛЕКТРОМАГНИТНАЯ ФОРМОВКА АЛЮМИНИЕВЫХ ДЕТАЛЕЙ И СОЕДИНЕНИЙ В АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИИ
И.В. Касьянова 60

ИССЛЕДОВАНИЕ МЕТОДОВ ПОВЫШЕНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА
О.А. Кибаров, Н.Ю. Логинов, Д.Е. Салабаев, С.И. Ярыгин 63

ТЕХНИЧЕСКИЕ СРЕДСТВА КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА СТРОИТЕЛЬСТВА И ЭКСПЛУАТАЦИОННОГО СОСТОЯНИЯ ЛЕСНЫХ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ
Е.В. Ким 66

МОДЕРНИЗАЦИЯ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ ДВИГАТЕЛЯ ВАЗ–11183 КОРОТКОБАЗНОГО РОДСТЕРА ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ НАДЁЖНОГО ПУСКА В ЗИМНИЙ ПЕРИОД ПУТЁМ УСТАНОВКИ ТЕПЛОАККУМУЛЯТОРА
С.В. Клочков, С.В. Суменков, А.А. Войнов 71

РАЗВИТИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМ НА ОСНОВЕ НЕЙРОННЫХ СЕТЕЙ
А.Ю. Клюшин 74

ПРИМЕНЕНИЕ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ И НЕЙРОСЕТЕВЫХ МЕТОДОВ В ТРАНСПОРТНЫХ ЗАДАЧАХ
А.Ю. Клюшин, А.Ю. Смирнов 78

НЕОБХОДИМОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ НЕЙРОСЕТЕЙ В ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СИСТЕМАХ
А.Ю. Клюшин 81

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ХОЗЯЙСТВЕННОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ООО «РЕНЕССАНС–ТРАНС» И ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ВЛИЯНИЯ НА ОКРУЖАЮЩУЮ СРЕДУ
Е.С. Кулакова, В.В. Кулаков, В.В. Нехороших 84

ЭЛАСТИЧНОСТЬ ПРИГОРОДНЫХ ПЕРЕВОЗОК ПРИ УСЛОВИИ ВЫСОКОГО ПАССАЖИРООБОРОТА
К.А. Ладыгина, В.В. Опарина, М.А. Ясюлевич 88

РАЗВИТИЕ БЕСПИЛОТНОГО АВТОТРАНСПОРТА НА НЕФТЕГАЗОВЫХ МЕСТОРОЖДЕНИЯХ: ПРАКТИКА ПАО «ГАЗПРОМ НЕФТЬ» В ЯНАО
О.И. Логинов 92

ЛОГИСТИКА В ЭНЕРГЕТИКЕ: ПОСТАВКИ ТОПЛИВА И ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ТЭК
Э.Р. Муратова, Р.Р. Шайхилисламова, Л.В. Маймакова 97

СПОСОБ ОБЕСПЕЧЕНИЯ ГЕРМЕТИЧНОСТИ СОЕДИНЕНИЙ С НАТЯГОМ БЕЗ ПРИМЕНЕНИЯ ГЕРМЕТИКА
Ю.Ю. Накашидзе, А.К. Федоренко, Р.М. Накашидзе 100

ПОЛИМЕРНЫЕ КОМПОЗИЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ В КОНСТРУКЦИЯХ СОВРЕМЕННЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
Э.И. Нугуманова 104

РАСЧЁТНО–ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ ПОДХОД К ПРОГНОЗИРОВАНИЮ ВЫСОКОТЕМПЕРАТУРНЫХ ОТЛОЖЕНИЙ НА ПОРШНЕ ДИЗЕЛЯ
М.Г. Ольховой, Ф.Б. Барченко 108

АНАЛИЗ ЖЕСТКОСТИ ШПИНДЕЛЬНОГО УЗЛА
М.Д. Поздняков, Г.С. Большаков 113

ОСОБЕННОСТИ ШТАМПОВКИ СВАРНЫХ ЛИСТОВЫХ ЗАГОТОВОК ДЛЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ КУЗОВОВ
Б.А. Рожин 117

ДЕЛОВАЯ КОММУНИКАЦИЯ КАК ИНСТРУМЕНТ ПРЕОДОЛЕНИЯ СОПРОТИВЛЕНИЯ ПЕРСОНАЛА ЦИФРОВЫМ ИЗМЕНЕНИЯМ В СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
А.Г. Салтанова, М.А. Поцелуева 120

ЭКОНОМИЧЕСКАЯ ЭФФЕКТИВНОСТЬ ЗАМЕНЫ СВАРНОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ КОНСТРУКЦИИ ЦЕЛЬНОШТАМПОВАННОЙ ДЕТАЛЬЮ
К.А. Самсонов 124

БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ ПРИ ПЕРЕВОЗКЕ ОПАСНЫХ ГРУЗОВ
Е.Е. Сивогривова 127

ОСНОВНЫЕ АСПЕКТЫ РАЗВИТИЯ ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКОГО КОМПЛЕКСА РЕГИОНА
Е.Е. Сивогривова 131

РИСКИ КОММЕРЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ОТРАСЛИ
Е.Е. Сивогривова 136

ОРГАНИЗАЦИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ПЕРЕВОЗОК ГРУЗОВ И ПАССАЖИРОВ С УЧЁТОМ ОПЫТА СПЕЦИАЛЬНОЙ ВОЕННОЙ ОПЕРАЦИИ
А.А. Смирнов, В.В. Белозеров, А.А. Морозов, Я.И. Олейникова 140

ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКИЙ РОБОТ «РОСОМАХА»
К.Д. Советов, Р.А. Улитин, К.В. Лебединский 144

ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ПРОХОДИМОСТИ ТРАНСПОРТНО–ЛОГИСТИЧЕСКОГО РОБОТА «РОСОМАХА»
Р.А. Улитин, К.Д. Советов К.В. Лебединский 147

ВЫБОР МЕСТ РАЗМЕЩЕНИЯ ЗАПРАВОЧНЫХ ОБЪЕКТОВ ПРИ ИЗМЕНЕНИИ СТРУКТУРЫ АВТОПАРКА: КЛАССИФИКАЦИЯ ПО ПОЛОЖЕНИЮ В СЕТИ И УЧЁТ СТРУКТУРЫ ТРАНСПОРТНОГО ПОТОКА
О.О. Хатюшенко 151

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ В УСЛОВИЯХ СТРУКТУРНОЙ ТРАНСФОРМАЦИИ
Е.Ю. Царегородцева, О.М. Зайцева 156

РАЗРАБОТКА КОНСТРУКЦИИ СТЕНДА ДЛЯ ДИАГНОСТИКИ СТУПИЧНЫХ ПОДШИПНИКОВ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
А.В. Чупшев, М.А. Терёхин 160

РАЗРАБОТКА СТЕНДА ПРОВЕРКИ ГЕРМЕТИЧНОСТИ КОЛЕС ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ
А.В. Чупшев, М.А. Терёхин 165

ПРИМЕНЕНИЕ МАГНИТНО–ИМПУЛЬСНОЙ ШТАМПОВКИ ДЛЯ ПОЛУЧЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ
С.Д. Шеховцов 170

К ВОПРОСУ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ СИСТЕМ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СИЛОВЫМИ ПРИВОДАМИ НА ПРОМЫШЛЕННЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ
А.Н. Шмойлов 173

К ВОПРОСУ РАЗРАБОТКИ СИСТЕМЫ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫМ ФРЕЗЕРНЫМ СТАНКОМ ДЛЯ ТРАНСПОРТНОГО МАШИНОСТРОЕНИЯ
А.Н. Шмойлов 177

РАЗРАБОТКА И ВНЕДРЕНИЕ АДАПТИВНОЙ АВТОМАТИЗИРОВАННОЙ СИСТЕМЫ НАНЕСЕНИЯ НАНОКОМПОЗИТНЫХ ПОКРЫТИЙ В ТРАНСПОРТНОМ МАШИНОСТРОЕНИИ
А.Н. Шмойлов 181

ПРИМЕНЕНИЕ НЕЙРОСЕТЕВЫХ МОДЕЛЕЙ ДЛЯ ОЦЕНКИ И ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ДТП
Е.В. Шохирев, П.П. Володькин, В.А. Лазарев 184

НАДДУВ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ТЯГОВО–МОЩНОСТНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ДВС НА БЕЗДОРОЖЬЕ
М.Д. Штеклин, А.А. Войнов, В.В. Салмин 189

Научное издание

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ АВТОТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА

Статьи публикуются в авторской редакции

Ответственный за выпуск – начальник Межотраслевого научно-информационного центра
Е.А. Галиуллина
Компьютерная верстка **А.А. Гришиной**

Дата подписания к публикации 16.10.2026
Учетно-издательские листы 11,67
Межотраслевой научно-информационный центр Пензенского государственного аграрного университета. 440014, г. Пенза, ул. Ботаническая, 30, https://mnic.pgau.ru; mnic@pgau.ru; телефоны редакции: тел.-факс. (841-2) 62-90-60, +7 967 442-60-42

ISBN 978-5-00196-468-1

