

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«ВОРОНЕЖСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ЛЕСОТЕХНИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Г.Ф. МОРОЗОВА»

АВТОТРАКТОРНАЯ ОТРАСЛЬ РОССИИ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Всероссийской студенческой научной конференции

Воронеж, 17 апреля 2025 г.

MINISTRY OF SCIENCE AND HIGHER EDUCATION
OF THE RUSSIAN FEDERATION
FEDERAL STATE BUDGET EDUCATIONAL INSTITUTION
OF HIGHER EDUCATION
«VORONEZH STATE UNIVERSITY OF FORESTRY AND TECHNOLOGIES
NAMED AFTER G.F. MOROZOV»

RUSSIAN AUTOMOTIVE INDUSTRY:
PROBLEMS AND PROSPECTS

Materials of the All-Russian Student Scientific Conference

Voronezh, April 17, 2025

УДК 629.3.01+629.3.03+629.3.05

A22

Редакционная коллегия: д-р техн. наук, проф. Годжаев З.А. (ФГБНУ ФНАЦ ВИМ); д-р техн. наук, проф. Дидманидзе О.Н. (МГАУ им. Тимирязева); д-р техн. наук Загарин Д.А. (НИЦИАМТ ФГУП «НАМИ»); д-р техн. наук, проф. Евтюков С.А. (Институт безопасности дорожного движения. г. Санкт-Петербург); д-р техн. наук, доц. Хакимов Р.Т. (ФГБОУ ВО СПбГАУ); д-р техн. наук, проф. Онищенко Д.О. (МГТУ им. Н.Э. Баумана); д-р техн. наук, проф. Иванников В.А. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Кадырметов А.М. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Зеликов В.А. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Дорняк О.Р. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»); д-р техн. наук, проф. Посметьев В.И. (ФГБОУ ВО «ВГЛТУ»).

A22 Автотракторная отрасль России: проблемы и перспективы : материалы Всероссийской студенческой научной конференции, Воронеж, 17 апреля 2025 г. / отв. ред. В. И. Прядкин ; М-во науки и высшего образования РФ, ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». – Воронеж, 2025. – 133 с. – URL: <https://vgltu.ru/nauka/konferencii/2025/vserossijskaya-studencheskaya-nauchnaya-konferenciya-avtotraktornaya-otrasl-rossii-problemy-i-perspektivy/>. – Текст: электронный.

ISBN 978-5-7994-1198-5

Материалы конференции содержат результаты исследований студентов, магистрантов и аспирантов под руководством учёных в различных областях фундаментальных и прикладных наук, направленных на изучение различных процессов и явлений роботизации и автоматизации в автомобиле-и тракторостроении. Приведены разработки по повышению эффективности в автомобиле-и тракторостроении.

Материалы конференции предназначены для научных и педагогических работников, специалистов технических направлений, аспирантов и студентов.

УДК 629.3.01+629.3.03+629.3.05

ISBN 978-5-7994-1198-5

© ФГБОУ ВО «ВГЛТУ», 2025

СОДЕРЖАНИЕ

Быстров И.Р., Ельшин С.И., Прядкин В.И. Кибер шины: проблемы и тенденции совершенствования	4
Быстров И.Р., Прядкин В.И. Безопасные шины для беспилотного и электротранспорта.....	18
Волков В.С., Митрохин Е.А. Оценка безопасности движения городского транспорта на примере дорожной сети г. Воронежа.....	24
Колосов К.С., Новиков А.П., Хрипченко М.С. Повышение эксплуатационных свойств клеевых соединений автомобилей путем применения неразрушающего метода контроля	28
Короткова И.А., Мерчалов С.В., Снятков Е.В., Прядкин В.И. Сравнительный анализ эксплуатационных характеристик воздухоочистителя двигателя КАМАЗ-740 при использовании фильтрующего элемента из пористой нержавеющей стали (пнс) и бумажного фильтра ДФВ 5801	36
Морев А.А., Ларионов М.А., Школьных А.В., Прядкин В.И. Конструктивные особенности и режимы работы задних ведущих мостов автомобилей НАВАЛ.....	46
Мураткин С.Е., Татаринцев В.Ю., Колядин П.А., Артёмов А.В., Прядкин В.И. Оценка вибронагруженности остова мини-трактора Уралец-254.....	55
Онищенко Д.О., Ложкин Н.С., Счастливцев А.Б., Прядкин В.И., Артемов А.В., Школьных А.В. Мобильные средства специального назначения: мировой опыт, тенденции в создании.....	71
Поздеев И.А., Корнеев А.К., Татаринцев В.Ю., Снятков Е.В., Прядкин В.И. Электронные системы, обеспечивающие безопасность движения автомобилей НАВАЛ	81
Рубцов Е.Г., Колядин П.А., Татаринцев В.Ю., Артемов А.В., Прядкин В.И. Исследования комбинированного упругого элемента в подвеске автомобиля УАЗ Патриот.....	87
Рубцов Е.Г., Сотников Д.А., Онищенко Д.О., Прядкин В.И. Гибридные трансмиссии легковых автомобилей: решения и перспективы	101
Сотников Д.А., Артёмов А.В., Мураткин С.Е., Прядкин В.И. Перспективные коробки передач для легковых автомобилей.....	111
Сотников Д.А., Живова Н.В., Прядкин В.И. Зеленые шины и экология.....	118
Татаринцев В.Ю., Сотников Д.А., Артёмов А.В., Прядкин В.И. Адаптивная подвеска легкового автомобиля.....	125

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_4-17
УДК 629.621.43.018

Быстров И.Р.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Ельшин С.Н.

Директор по персоналу ЗАО «Воронежский
шинный завод», РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Bystrov I.R.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Yelshin S.N.

Director of Personnel CJSC Voronezh Tire
Plant, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

КИБЕР ШИНЫ: ПРОБЛЕМЫ ИТЕНДЕНЦИИ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ

CYBER TIRES: PROBLEMS AND TRENDS OF IMPROVEMENT

Аннотация. В статье приведен анализ основных направлений совершенствования интеллектуальных шин для электромобилей и беспилотного транспорта. Показана эволюция совершенствования интеллектуальных шин и переход от шины как пассивного узла, к узлу, активно влияющему на режим и безопасность движения автомобиля.

Abstract. This article analyzes the key results of innovative smart tires for electric and autonomous vehicles. It shows the evolution of smart tires from a passive component to one that actively influences vehicle performance and safety.

Ключевые слова: интеллектуальная шина, электронные датчики, микрочипы, дорожные условия, пятно контакта шины, износ протектора, бортовой компьютер, беспилотные транспортные средства.

Keywords: intelligent tire, electronic sensors, microchips, road conditions, tire contact spot, tread wear, on-board computer, unmanned vehicles.

Введение

В последнее время мировая автомобильная промышленность движется к еще более электрифицированному и беспилотному транспорту. Разработкой новых технологий и современных электронных систем управления автомобилем обусловлена необходимость создания так называемых «умных шин», интегрированных с бортовым компьютером [1,2].

С момента своего массового производства несколько десятилетий назад, шины всегда были пассивными элементами, которые играли решающую роль в безопасности движения автомобиля. В настоящее время мировая шинная отрасль находится на пороге революционных преобразований, сущность которых

заключается в переходе от шин, пассивно влияющих на режимы движения автомобиля, к «умным» интеллектуальным шинам, активно оказывающим влияние на тормозную динамику, управляемость, топливную экономичность, и, как следствие, на безопасность движения.

Система управления режимами движения автомобиля в реальных дорожных условиях в настоящее время отстаёт от всех остальных подсистем. Для того, чтобы иметь возможность предоставить оперативно необходимые характеристики контакта шины с дорогой, требуется, чтобы шина становилась частью интеллектуальной системы, которая предоставляет информацию бортовому контроллеру автомобиля. С этой целью необходимо объединить в одно единое целое - моделирование режимами движения автомобиля, современные достижения в приборостроении, тестирование, обработку больших массивов данных от различных датчиков и разработку алгоритмов [2].

Принципиально новым направлением и технологическим достижением является разработка и создание инновационных шин с электронными компонентами. Интеллектуальные шины разрабатываются более двух десятилетий, однако интенсивное их развитие в настоящее время обусловлено в первую очередь потребностью производителей беспилотного электрического транспорта. Будущее «умных» шин непосредственно связано с цифровыми технологиями и полной интеграцией с электронными системами беспилотного автомобиля. Автоматизация беспилотного электротранспорта предъявляет новые требования, в том числе и к шинам. Автопилот, управляющий машиной, должен следить за дорожными условиями, когда контроль возложен на датчики, установленные в шинах. «Умные» шины, должны собирать и предоставлять важную информацию, необходимую при управлении беспилотной техникой.

Шина - единственный узел автомобиля, контактирующий с дорожной поверхностью, она обеспечивает сцепление с дорожным полотном и реализует толкающие и тормозные усилия в пятне контакта шины с дорожным полотном. Специальные электронные датчики и микрочипы, располагаемые на ободу колеса во внутренней полости шины и имплантированные в протекторе, получают информацию о силе трения, силе контакта между покрышкой и дорожным полотном, средней нагрузке и количестве оборотов. Установленные в шине датчики определяют её состояние, температуру и внутреннее давление, величину остаточного ресурса рисунка протектора. Также датчики передают информацию на бортовой компьютер автомобиля о необходимости замены шины и прочие характеристики их работы. Микрочипы оцифровывают и передают пакет

информации о состоянии шин и характере дорожного полотна непосредственно в бортовой компьютер автомобиля. Полученная информация от различных датчиков шины полностью переопределяет работу всех электронных систем для обеспечения безопасного режима торможения, устойчивости движения в занимаемой полосе [3].

Технологии интеллектуальных шин

На первом этапе создания интеллектуальных шин были разработаны электронные системы контроля износа шин, интегрированные с различными датчиками и технологиями для обеспечения мониторинга их состояния в режиме реального времени. Эти системы используют множество датчиков (рис. 1), каждый из которых выполняет определенные функции. При этом, при разработке возникла необходимость решения ряда проблем, связанных с расположением датчика внутри шины, совместимостью датчиков со свойствами материала шины, обеспечением постоянной передачи данных бортовому компьютеру автомобиля и обеспечением датчиков питанием для этого [4].

Датчики измерения глубины протектора измеряют глубину протектора покрышек. Оптимальная глубина протектора обеспечивает надежное сцепление с дорогой и предотвращает аквапланирование. Системы используют комбинации датчиков. Используются как контактные, так и бесконтактные методы измерения. Так, лазерные датчики сканируют поверхность протектора и измеряют его глубину с высокой точностью.

Механические датчики представляют собой простые приспособления, которые выдвигаются в зависимости от глубины протектора или отслеживают скорость вращения колеса. Это самый базовый способ мониторинга, но он является недостаточно точным [5].

Оптические датчики используют световые лучи или камеры для определения глубины протектора. Эти системы являются точными, но требовательны к качеству освещения и чистоте изделия [5].

Ультразвуковые датчики используют звуковые волны и могут находить не только глубину протектора, но и выявлять другие механические повреждения. Эти датчики менее подвержены внешним факторам, таким как грязь и осадки [5].

Датчики давления контролируют уровень давления в шинах. Низкое давление приводит к быстрому износу и повышенному риску повреждения конструкции шины [5].

Датчики температуры измеряют температуру шины во время движения. Повышение температуры указывает на проблемы, такие как недостаток давления или механические повреждения [5].

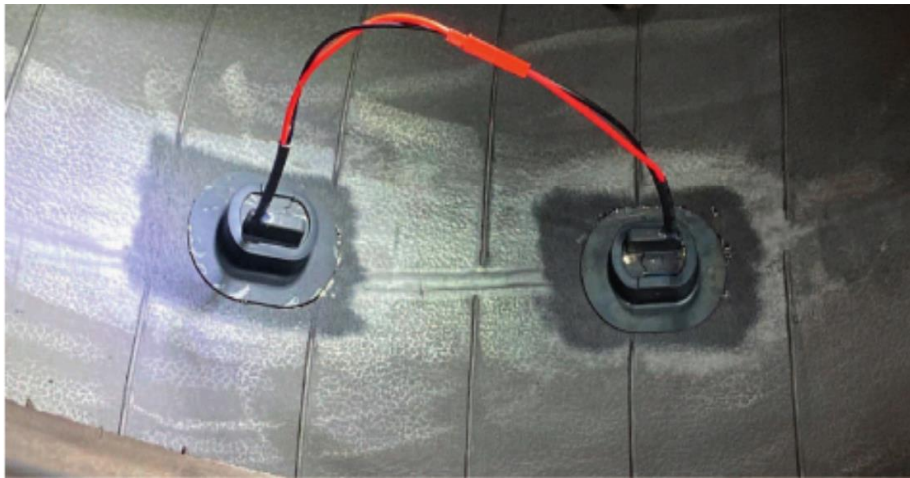


Рисунок 1 – Акселерометр, прикрепленный к шине с внутренней стороны

К основным преимуществам электронных систем контроля износа шин относятся параметры, улучшающие эксплуатационные свойства автомобиля. Это прежде всего повышение безопасности движения, благодаря информированию водителей о критических состояниях шин, что снижает риск аварий. Возрастает экономичность эксплуатации автомобилей, так как система позволяет заранее выявлять проблемы и избежать серьезных поломок и дорогостоящих ремонтов. Постоянный мониторинг и своевременное обслуживание значительно увеличивают срок службы шин [6].

Французский производитель Michelin разработал одну из самых совершенных систем контроля состояния шин TPMS (Tire Pressure Monitoring System). В отличие от простых систем, лишь сигнализирующих о падении давления, технология Michelin представляет собой комплексный мониторинговый инструмент, интегрированный в электронную систему управления транспортным средством [5,7].

TPMS от Michelin представляет собой систему, которая отслеживает давление в шинах и глубину протектора. Она использует беспроводные датчики, которые устанавливаются на каждом колесе. Данные передаются на бортовой компьютер, который анализирует полученную информацию и уведомляет водителя при необходимости. Кроме того, Michelin предлагает мобильное приложение, позволяющее водителям контролировать состояние шин и получать рекомендации.

Основу системы составляют высокоточные датчики последнего поколения, устанавливаемые внутри каждого колеса. Эти миниатюрные устройства, разработанные с использованием авиационных технологий, способны измерять не только давление с невероятной точностью ± 0.1 бар, но и целый спектр критически важных параметров: температуру шины в различных зонах, степень деформации протектора, фактическую нагрузку на ось и даже микроскопические изменения структуры резиновой смеси. Особенностью технологии Michelin является использование запатентованного алгоритма анализа теплового поля, позволяющего выявлять потенциальные проблемы на самых ранних стадиях. Датчики передают информацию по защищенному радиоканалу на бортовой компьютер автомобиля. Эта система анализирует данные с учетом множества факторов: стиля вождения, дорожных условий, загрузки автомобиля и даже качества дорожного покрытия. В результате водитель получает не просто предупреждение о низком давлении, а комплексные рекомендации: от необходимости проверить развал-схождение до оптимального значения давления для предстоящей поездки с учетом погодных условий.

Для коммерческого транспорта Michelin предлагает специализированное решение Track Connect, где каждый датчик представляет собой автономный вычислительный модуль с защищенным корпусом. Система способна одновременно контролировать до 54 осей, что делает её незаменимой для крупных автопарков. Реальная экономия от внедрения этой технологии достигает 18%, как показал опыт компании DHL, где система помогла оптимизировать графики замены шин и сократить количество внеплановых простоев [7].

В последнее время компания Michelin интегрирует датчики непосредственно в конструкцию шин, как в моделях Pilot Sport 4S. Система регистрирует такие факторы, как перегрев шины, неравномерный износ протектора при агрессивном вождении и другие. Для электромобилей разработана специальная версия, которая помогает увеличить запас хода за счет идеального поддержания давления воздуха в шинах. Срок службы современных датчиков для шин Michelin достигает 7 лет, что вдвое превышает показатели большинства аналогов. При этом система остается совместимой с 95% автомобилей, оснащенных TPMS. Уникальность подхода компании Michelin заключается в том, что их решение – это не просто система предупреждения, а интеллектуальный помощник, который действительно позволяет увеличить срок службы шин, снизить расход топлива и повысить безопасность движения [7].

Шинная компания Bridgestone разработала линейку шин Ecoria, направленную на улучшение показателей экономичности и снижения вредных выбросов. Шины Ecoria имеют встроенные технологии мониторинга. Они не только помогают снизить расход топлива за счет уменьшения сопротивления качению, но и позволяют следить за состоянием шин в режиме реального времени. Компания Bridgestone разработала уникальную систему TDMS, основанную на виброакустическом анализе. Микрофоны в колесных арках и датчики на подвеске фиксируют малейшие изменения в частотном спектре качения, позволяя выявлять такие опасные дефекты, как расслоение корда или появление повреждений. Точность диагностики достигает 89%, что подтверждено независимыми тестами NTSB [8].

В последнее время все ведущие мировые производители шин проводят поисковые и научные исследования по разработке технологий «умных» шин нового поколения в различных направлениях.

Техническими специалистами компании Pirelli разработана концептуально новая шина Cyber Tire, которая содержит массивы датчиков, подключенных к электронным системам автомобиля в соответствии с различными условиями вождения. Получаемая информация от датчиков необходима для оптимизации эффективности торможения, повышения устойчивости и контроля тяги в режиме реального времени [9].

Интеллектуальная шина, благодаря вставленному в корпус микрочипу и датчикам, анализирует дорожные условия и характер сцепления с дорожным полотном, определяет, является ли дорога сухой, влажной или обледеневшей; оценивает вертикальную нагрузку, а также боковые и продольные силы, чтобы определить момент начала аквапланирования; определяет тип асфальта на дороге. Так же определяет параметры пятна контакта и угол наклона шины, температуру и давление воздуха в ней, частоту вращения и износ протектора. Имплантированный в шину датчик осуществляет электронный контроль за режимами движения автомобиля. Все данные в режиме реального времени непрерывно передаются по беспроводной сети на бортовые компьютеры и электронные системы автомобиля: систему электронной стабилизации (ESP) и тормозную систему (ABS), снабжая более детальной информацией о состоянии шин. Благодаря применению трехмерного акселерометра, в отличие от нынешних устройств, монтируемых в шинах автомобилей, они способны исправлять и корректировать ранее заданный режим движения [9,10].

В основе системы Cyber Tire лежат миниатюрные сенсорные модули, встроенные непосредственно в конструкцию шины. Эти датчики нового поколения измеряют не только традиционные параметры (давление и температуру), но и такие критические показатели, как локальные деформации протектора в различных точках контакта с дорогой, фактическое распределение нагрузок по площади пятна контакта, микроскопические изменения структуры резиновой смеси, уровень вибраций на разных скоростях [9].

Особенностью технологии Pirelli является использование акустического анализа износа. Встроенные пьезоэлектрические датчики регистрируют изменения звуковых волн, возникающих при качении шины. Алгоритмы искусственного интеллекта анализируют эти данные, определяя степень износа с точностью до 0,1 мм, что существенно превышает возможности визуального осмотра [9,11].

Инновационные разработки ведущих производителей интеллектуальных шин

Процесс автоматизации дорожного движения регламентирует новые требования к автомобильным шинам для гибридных и электрических транспортных средств. Остаточный заряд аккумуляторных батарей в электрокарах в настоящее время рассчитывается с использованием стандартных параметров, но бортовая электроника CyberCar от Pirelli позволяет предоставлять более точную информацию. Определив точный вес транспортного средства, центральный блок управления более точно рассчитает оставшуюся зарядку, что важно для электрокаров, которые, в отличие от машин с ДВС, заряжаются медленно. Кибершина на основе датчиков подключается к стандарту широкополосной мобильной связи 5G и через свою сеть передаёт информацию о риске аквапланирования, определяемом шинами, другим транспортным средствам. Далее информация об опасности на конкретном участке передается другим транспортным средствам, чтобы они, при необходимости, смогли заранее скорректировать маршрут.

Система интегрирована с бортовыми компьютерами автомобилей. В реальном времени она предоставляет водителю информацию через: графический интерфейс мультимедийной системы, голосовые предупреждения при критическом износе шин, а также выдает рекомендации по оптимальному давлению в шинах для конкретных условий эксплуатации.

Компания Goodyear разработала концепт «умной» резины, которая избавит водителей от проблем, связанных с внезапным износом шин во время дальних поездок. Разработанная технология Re Charge позволяет восстанавливать изношенный протектор. Инновационная шина представляет собой безвоздушную покрышку (рис. 2), снабжённую биоразлагаемым протектором, который способен регенерировать благодаря специальной капсуле с особым биоразлагаемым материалом [12].

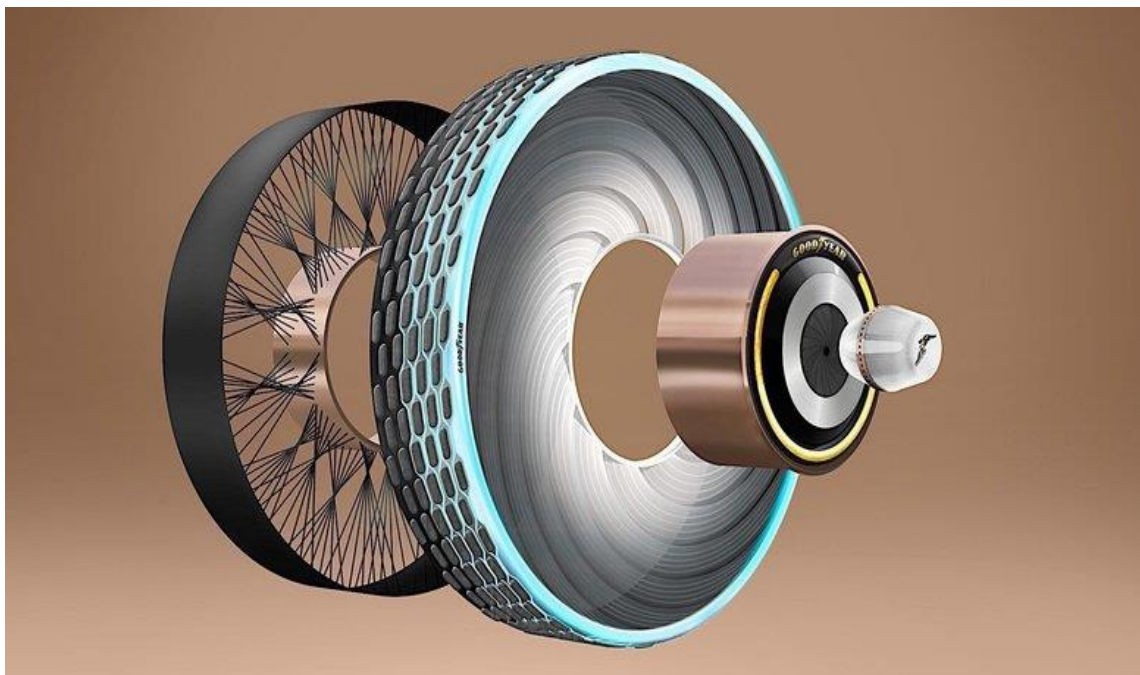


Рисунок 2 – Образец безвоздушной покрышки с биоразлагаемым протектором

Проект представляет собой безвоздушную покрышку, лишённую герметичной камеры. Такой шине не страшны проколы и порезы. Она снабжена биоразлагаемым протектором, который способен регенерировать благодаря специальной капсуле с особым биоразлагаемым материалом. В шины прессуют высокотехнологичное соединение из возобновляемых материалов, включая каучук из одуванчиков и синтетическую паутину. Смесь поступает на поверхность колеса через сеть тонких трубок, после чего высыхает и затвердевает, образуя новый слой протектора. Помимо функционального преимущества по сравнению с обычными шинами Re Charge предлагает более экологичный подход, поскольку здесь не используется тот же диоксид кремния. Раствор для обновления протектора хранится в сменных капсулах в ступице колеса. В зависимости от стиля вождения и погодных условий их можно менять и использовать для оптимизации сцепления с шиной с дорожным покрытием и расхода топлива. Предложенная технология позволяет изменять свойства вещества в капсуле с учётом усло-

вий эксплуатации покрышек, климатической обстановки и даже стиля вождения [12].

Корейскими инженерами совместно со студентами английского колледжа RCA в рамках дизайнерского проекта, разработаны инновационные смарт-шины Nexonic и HLS-23 представленные на рисунке 3.



Рисунок 3 – Инновационные смарт-шины Nexonic и HLS-23

Шины Hankook Nexonic устанавливаются на беспилотные транспортные средства, управляемые дистанционно. Они оснащаются комплексом датчиков, определяющим тип и состояние дорожного полотна, его температуру, а также уровень сцепления в пятне контакта. Собранные данные обрабатываются в контроллере, который отдает управляющие команды на адаптивный протектор, подстраивая его под выявленные эксплуатационные условия. Эта система призвана обеспечить максимальный комфорт и безопасность движения в беспилотных транспортных системах. Эти шины ориентированы на работу в системах из нескольких автоматически движущихся транспортных средств. Помимо основных дорожных датчиков, они имеют датчики связи, анализирующие взаимное положение отдельных единиц транспорта и позволяющие им поддерживать заданную дистанцию [13].

Южнокорейская автомобилестроительная компания Hyundai представила новую конструкцию колес и шин со встроенными цепями противоскольжения (рис. 4), которые можно активировать и убирать простым нажатием кнопки.

Данное решение может положить конец трудоемкому процессу установки и снятия традиционных зимних цепей.



Рисунок 4 – Шина со встроенными цепями противоскольжения

Согласно технологии Hyundai каждая из покрышек имеет шесть поперечных канавок с углублениями, совпадающих по расположению с шестью спицами колеса. Внутри этих канавок находятся толстые проволоки, похожие на цепи противоскольжения, которые глубоко втянуты в протектор. Частично они изготовлены с использованием твердых сплавов с памятью формы: при прохождении электрического тока происходит активация и расширение элементов. Работает это следующим образом: к модулям через колёсный диск подводятся электрические контакты. Последние при подаче тока разогревают элементы из особого сплава, заставляя их менять свою форму, в результате чего те выдвигают наружу из шины поперечные планки-зацепы, которые и обеспечивают лучшее сцепление. В сложных дорожных условиях при движении по снегу, льду или грязи, достаточно включить систему, нажав на кнопку в салоне автомобиля. Сплав возвращается к своей первоначальной форме, поднимая проволочную петлю выше уровня протектора. В результате, на шинах формируются грунтозацепы, препятствующие скольжению, заносам и потери устойчивости, обеспечивая безопасность движения [14].

Специалисты ведущей шинной компании Bridgestone разработали «умную» резину с радиометками для шин автобусов и грузовиков. Встроенные метки радиочастотной идентификации (RFID) обеспечивают подключение шины к облачным системам, что позволяет автопаркам постоянно отслеживать изнашиваемость шин и своевременно реставрировать их протекторы. Следствием должно стать увеличение срока службы резины и сокращение углеродного следа [15].

Компания Hankook разработала Smart Tire System (рис. 5), в котором используются датчики, фиксирующие состояние шины, как глубину протектора, так и давление. Шина адаптируется к температуре дороги и условиям поверхности, чтобы обеспечивать более комфортное и безопасное вождение. Шина оснащена семью датчиками, которые позволяют сканировать дорогу в реальном времени. Протектор имеет форму гексагонов, которые расширяются и сужаются в зависимости от текущих условий [16].



Рисунок 5 – Шина компании Hankook с применением Smart Tire System

Современные шины пятого поколения оснащаются принципиально новыми типами чипов, представляющих собой сложные микрокомпьютерные системы, которые кардинально отличаются от предыдущих решений. Эти интеллектуальные устройства сочетают в себе многофункциональные сенсорные массивы, энергонезависимую архитектуру и мощные вычислительные возможности, превращая обычные шины в высокотехнологичные компоненты транспортных экосистем будущего. В отличие от простых RFID-меток третьего поколения или облачных систем четвертого поколения, чипы 5G содержат до двенадцати различных типов датчиков в одном компактном корпусе, включая наноразмерные тензодатчики, квантовые термометры и оптические LIDAR-сканеры, что позволяет осуществлять мониторинг состояния шины на принципиально новом уровне точности [15,17].

Энергонезависимая архитектура этих чипов решает ключевую проблему автономного питания через инновационные решения - трибоэлектрические генераторы преобразуют энергию трения качения, термомодули используют разницу температур, а сверхтонкие графеновые батареи обеспечивают десятилетний срок службы. Вычислительные возможности поражают воображение: встроенные нейропроцессоры способны выполнять до четырех триллионов операций в секунду, обеспечивая локальную обработку данных искусственным ин-

теллектом без необходимости подключения к облачным сервисам. Особого внимания заслуживает технология цифрового двойника, создающего виртуальную копию шины с точностью 99,7%, что позволяет прогнозировать остаточный ресурс с погрешностью менее половины процента.

Прорывные технологии в чипах пятого поколения включают функции самовосстанавливающейся диагностики, когда система не только обнаруживает микроскопические повреждения диаметром до 0,3 мм, но и активирует встроенные полимерные герметики, а также возможности коммуникации нового уровня в рамках экосистемы V2X. Современные чипы, такие как Continental Crystal TAG с фотонными кристаллами или Michelin Quantum Tread с квантовыми сенсорами трения, уже сегодня демонстрируют фантастические возможности, превращая шины из пассивных компонентов в активный узел системы управления транспортным средством. Несмотря на существующие вызовы, связанные с радиопомехами, кибербезопасностью и высокой стоимостью, отрасль активно ищет и находит решения [17].

Шинная компания Goodyear разработала электронную концепцию Eagle 360, которая представляет собой шины с интегрированными датчиками, контролирующими все параметры. Используя искусственный интеллект и алгоритмы машинного обучения, система может предсказывать проблемы и обеспечивать активное управление состоянием шин. Система так же может рекомендовать водителю избегать определенных участков дороги при выявлении снижения сцепления. Рисунок протектора трансформируется сам в зависимости от погодных условий. Сфера Eagle 360 Urban постоянно контролирует своё состояние. Если обнаружен прокол, место повреждения не используется как пятно контакта, начинается химический процесс самовосстановления. При значительном износе оболочки автомобиль отправляется на станцию технического обслуживания [18].

Выводы

1. Передовые тенденции автоматизации и цифровизации в автомобилестроении, свидетельствуют, что электронные системы контроля износа шин продолжают развиваться, применяя инновации, такие как искусственный интеллект и анализ больших данных, для ещё более эффективного управления и повышения безопасности автомобилей.

2. Концепция разработки и создания интеллектуальных шин основывается на широком использовании микрочипов, различных датчиков, нейронных

сетей, а также умных материалов с памятью. Одним из главных направлений разработки «умных» шин ведущими шинными компаниями и различными исследовательскими центрами является создание конструкций шин, осуществляющих самотестирование своего состояния.

3. Улучшение технологий, интеграция интеллектуальных шин с другими системами автомобиля, а также растущий интерес к устойчивым решениям в транспортной сфере создают множество возможностей для будущего.

Список литературы

1. Muhammad H. Rashid Handbook of Power Electronics in Autonomous and Electric Vehicles / Muhammad H. Rashid // Academic Press – 2024.
2. T. Zhao Road Sensing with Intelligent Tires for Driving Assistance Applications / T. Zhao, M. Kaliske, Y. Wei // Tire Science and Technology. – 2022.
3. P. Behroozinia Tire health monitoring using the intelligent tire concept / P. Behroozinia, S. Taheri, R. Mirzaeifar // Structural Health Monitoring. – 2013.
4. M. Hernández Santana Rubber Materials Fundamentals, Sustainability, and Applications / M. Hernández Santana, S. Utrera-Barrios // Elsevier – 2025.
5. Сысоева С. Актуальные технологии и применения датчиков автомобильных систем активной безопасности: материалы 8 части научной статьи / Сысоева С. // Компоненты и технологии. – 2007.
6. S. Hong Tire-Road Friction Coefficient Estimation Based on Tyre Sensors and Lateral Tyre Deflection: Modelling, Simulations and Experiments / S. Hong // Vehicle System Dynamics. – 2013.
7. TPMS: Система контроля давления в шинах / MICHLIN URL: <https://www.michelin.com.my/> (дата обращения: 15.04.2025).
8. N. Roveri OPTYRE—RealTime Estimation of Rolling Resistance for Intelligent Tyres / N. Roveri, G. Pepe, F. Mezzani, A. Carcaterra, A. Culla, S. Milana // Sapienza University of Rome. – 2019.
9. Pirelli. (2022). Инновации в производстве шин. – URL: <https://www.pirelli.com> (дата обращения: 16.04.2025).
10. S. Khaleghian Estimation of the Tire Contact Patch Length and Normal Load Using Intelligent Tires and Its Application in Small Ground Robot to estimate the Tire-Road Friction / S. Khaleghian, O. Ghasemalizadeh, S. Taheri // Tire Science and Technology. – 2016.
11. I. Al-Najati Tire strain piezoelectric energy harvesters: a systematic review / I. Al-Najati, S.Y. Pung, K. Wai Chan // IJPEDS. – 2022.
12. Goodyear. (2020) The Goodyear re Charge Concept – Making Tyre Changing Easy with Customised Capsules that Renew your Tyres – URL: <https://www.goodyear.com.my/goodyear-recharge-concept> (дата обращения: 16.04.2025).
13. Hankook. (2019). Hankook Tire wins the IDEA 2019 for its innovative concept tires. URL: <https://www.hankooktire.com/au/en/company/media-list/media-detail.603041.html?ysclid=mfxj0580zd582649809> (дата обращения: 15.04.2025).
14. Hyundai. (2022). Let It Snow! Hyundai Motor and Kia Develop Shape Memory Alloy Integrated Snow Chain Technology. – URL: <https://www.hyundai.com/worldwide/en/newsroom/detail/0000000380> (дата обращения: 15.04.2025).
15. Bridgestone начинает выпуск «умных» грузовых шин (2022). – URL: <https://motorshef.ru/news/72259> (дата обращения: 16.04.2025).
16. Hankook. – URL: <https://www.hankooktire.com/global/en/tires/smart.html?ysclid=mfxkzww5ap828619237> (дата обращения: 16.04.2025).

17. J. Patterson Thermal Tires / J. Patterson // Publifye AS. – 2025.
18. Goodyear (2017) The tire of the future will be able to sense, decide, transform and interact – URL:<https://www.goodyear.com.ph/about-us/news/goodyear-eagle-360-urban> (дата обращения: 16.04.2025).

References

1. Muhammad H. Rashid Handbook of Power Electronics in Autonomous and Electric Vehicles / Muhammad H. Rashid // Academic Press – 2024.
2. T. Zhao Road Sensing with Intelligent Tires for Driving Assistance Applications / T. Zhao, M. Kaliske, Y. Wei // Tire Science and Technology. – 2022.
3. P. Behroozinia Tire health monitoring using the intelligent tire concept / P. Behroozinia, S. Taheri, R. Mirzaeifar // Structural Health Monitoring. – 2013.
4. M. Hernández Santana Rubber Materials Fundamentals, Sustainability, and Applications / M. Hernández Santana, S. Utrera-Barrios // Elsevier – 2025.
5. Sysoeva S. Actual technologies and applications of sensors of automotive active safety systems: materials of the 8th part of the scientific article / Sysoeva S. // Components and technologies. – 2007.
6. S. Hong Tire-Road Friction Coefficient Estimation Based on Tire Sensors and Lateral Tire Deflection: Modeling, Simulations and Experiments / S. Hong // Vehicle System Dynamics. – 2013.
7. TPMS: Tire Pressure Monitoring System / MICHLIN URL: <https://www.michelin.com.my/> (date of access: 04/15/2025).
8. N. Roveri OPTYRE—RealTime Estimation of Rolling Resistance for Intelligent Tyres / N. Roveri, G. Pepe, F. Mezzani, A. Carcaterra, A. Culla, S. Milana // Sapienza University of Rome. – 2019.
9. Pirelli. (2022). Innovations in tire manufacturing. – URL: <https://www.pirelli.com> (accessed: 04/16/2025).
10. S. Khaleghian Estimation of the Tire Contact Patch Length and Normal Load Using Intelligent Tires and Its Application in Small Ground Robot to estimate the Tire-Road Friction / S. Khaleghian, O. Ghasemalizadeh, S. Taheri // Tire Science and Technology. – 2016.
11. I. Al-Najati Tire strain piezoelectric energy harvesters: a systematic review / I. Al-Najati, S.Y. Pung, K. Wai Chan // IJPEDS. – 2022.
12. Goodyear. (2020) The Goodyear re Charge Concept – Making Tyre Changing Easy with Customised Capsules that Renew your Tyres – URL:<https://www.goodyear.com.my/goodyear-recharge-concept> (date of access: 04/16/2025).
13. Hankook. (2019). Hankook Tire wins the IDEA 2019 for its innovative concept tires. URL:<https://www.hankooktire.com/au/en/company/media-list/media-detail.603041.html?ysclid=mfxj0580zd582649809> (accessed: 04/15/2025).
14. Hyundai. (2022). Let It Snow! Hyundai Motor and Kia Develop Shape Memory Alloy Integrated Snow Chain Technology – URL: <https://www.hyundai.com/worldwide/en/newsroom/detail/00000000380> (date of issue: 04/15/2025).
15. Bridgestone starts production of "smart" truck tires (2022). – URL: <https://motorshef.ru/news/72259> (date of access: 04/16/2025).
16. Hankook. – URL:<https://www.hankooktire.com/global/en/tires/smart.html?ysclid=mfxkzww5ap828619237> (accessed: 04/16/2025).
17. J. Patterson Thermal Tires / J. Patterson // Publifye AS. – 2025.
18. Goodyear (2017) The tire of the future will be able to sense, decide, transform and interact – URL:<https://www.goodyear.com.ph/about-us/news/goodyear-eagle-360-urban> (date of request: 04/16/2025).

Быстров И.Р.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Bystrov I.R.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

БЕЗОПАСНЫЕ ШИНЫ ДЛЯ БЕСПИЛОТНОГО И ЭЛЕКТРОТРАНСПОРТА

SAFE TIRES FOR SELF-DRIVERS AND ELECTRIC VEHICLES

Аннотация. В статье приведен анализ применения передовых технологий с использованием телематических данных для передачи информации о состоянии дорожного полотна от "умных" шин другим транспортным средствам с целью повышения безопасности движения и реализации концепции "умного" города.

Abstract. The article provides an analysis of the application of advanced technologies using telematic data to transmit information about the condition of the road surface from "smart" tires to other vehicles in order to improve traffic safety and implement the concept of a "smart" city.

Ключевые слова: «Умная» шина, безопасность движения, беспилотный транспорт, телематические данные, технология V2X, «Умный» город.

Keywords: «smart» tire, traffic safety, unmanned transport, telematics data, V2X technology, «smart» city.

Введение

Вследствие развития технологий нового поколения неуклонно растет темп человеческой жизни. Все больше задач появляется у людей, и задачи эти необходимо решать для удовлетворения современных потребностей. Если говорить об автомобилях и о дорожном движении – это применения беспилотного транспорта и рост скоростей, увеличение числа автомобилей на дорогах и увеличение аварийных ситуаций с различной тяжестью последствий. Перед специалистами, занимающимися разработкой производством современных автомобилей, стоит задача обезопасить, в условиях их усиливающегося внедрения в повседневную жизнь, людей: пешеходов и водителей. Одним из решений здесь является использование новых технологических систем, которые позволят принимать решение быстрее человека на основании каких-либо входных пара-

метров. Автомобильная шина, в данном контексте, становится не просто пассивным элементом системы «автомобиль-дорога-среда», а устройством, которое активно участвует в принятии решений, когда речь идет не только о традиционном, но и о беспилотном транспорте. Применение «умных» шин открывает исследователям новые возможности обеспечения водителей постоянной информированностью об условиях движения.

Безопасные шины и беспилотный транспорт

Рассматривая влияние «умных шин» на безопасность движения беспилотного транспорта по нескольким ключевым аспектам становится ясно, что шины непосредственно влияют на основные параметры дорожного движения. Они критически важны для трех основ управления автомобилем. Сцепление с дорогой определяет возможность автомобиля двигаться и маневрировать. Изношенный рисунок протектора шины усложняет и делает опасным маневрирование: увеличивают тормозной путь и риск заноса. Устойчивость и управляемость автомобиля зависят от величины давления воздуха, а износ протектора также влияет на общее состояние шин. Скорость возникновения аквапланирования зависит от глубины рисунка протектора. Поэтому для беспилотного транспортного средства (рис. 1), который не «чувствует» момент потери сцепления, это особенно опасно [1].

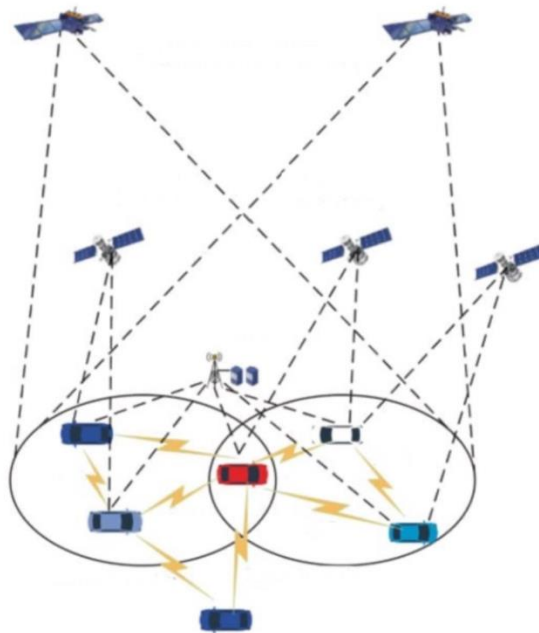


Рисунок 1 – Обмен информацией беспилотного автомобиля с другими автомобилями в транспортном потоке

Основными вызовами, которые шины создают для беспилотных автомобилей являются:

- человек-водитель может по величине вибрации, шуму или изменению усилия на руле определить, что с шинами что-то не так. Беспилотное транспортное средство лишено этой тактильной обратной связи. Оно узнает о проблеме только по косвенным признакам, когда может уже быть пройдена «точка невозврата»;

- алгоритмы беспилотного управления строят траекторию и рассчитывают маневры на основе точных математических моделей, включая параметры трения.

Если характеристики шин изменились (например, давление упало, а система этого не знает), реальное поведение автомобиля будет отличаться от прогнозируемого. Это может привести к недостаточной или избыточной поворачиваемости в повороте, блокировке колес при торможении (если алгоритм ABS неправильно оценивает коэффициент сцепления) или выезду за пределы расчетной траектории;

- сложность оценки состояния в реальном времени. Хотя современные автомобили оснащены системами контроля давления в шинах (TPMS), они не могут отследить глубину протектора, температуру шины, равномерность износа, появление микротрещин или повреждений (порезов, вздутий). Для беспилотного транспорта необходим более продвинутый и непрерывный мониторинг состояния шин.

Решением этих проблем может стать использование технологий «умных шин», способных обеспечить необходимой информацией интеллектуальные системы автомобиля [2].

Телематические данные и их применимость в дорожном движении

Обеспечение безопасности дорожного движения при использовании беспилотного транспорта, а также развитие концепции умного города может осуществляться только при использовании так называемых «телематических» данных и технологии V2X (Vehicle-to-everything). Под телематикой понимается совокупность технологий, применяемых в автомобилестроении, в частности в автомобилях, которые собирают данные с датчиков автомобиля, передают их с помощью сетей (4G, 5G, Wi-fi, Bluetooth), обрабатывают в облаке для анализа и управления. «Телематические» данные могут включать в себя информацию о многих параметрах автомобиля в настоящий момент, что позволяет предупре-

ждать какие-либо внештатные ситуации и снижать риск дорожно-транспортных происшествий. Взаимодействие с данными, получаемыми автомобилем с датчиков, а также обмен этими данными с окружающей средой обеспечивается устройством, которое называется TBOX. [3]

С развитием «умных» шин появляется гораздо больше информации, которая может быть доступна не только одному автомобилю, а целой инфраструктуре (рис. 2).

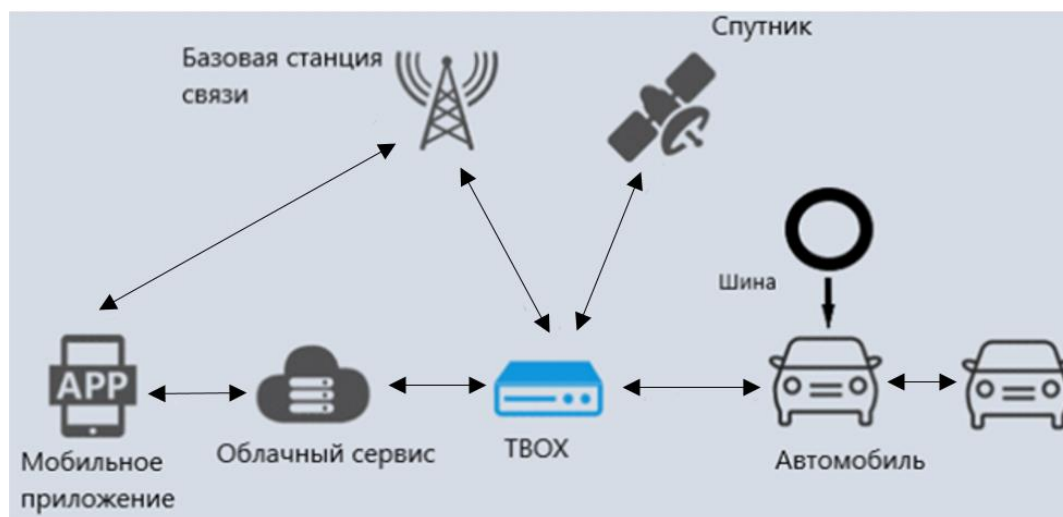


Рисунок 2 – Шина и её участие в развитии V2X технологии

Роль «умных» шин в концепции развития «умного города»

«Умные» шины, оснащенные датчиками, превращаются в сеть мобильных сенсоров, постоянно собирающих информацию о дорогах и окружающей среде. Происходит постоянный мониторинг состояния дорожного полотна – датчики могут фиксировать вибрации, соответствующие ямам, неровностям, рельсам или поврежденному асфальту. Эта информация в реальном времени передается в центральную платформу города. Например, городские службы получают точные карты проблемных участков дорог и могут планировать ремонт эффективнее. Могут определяться погодные условия: датчики шин могут измерять температуру дорожного покрытия, наличие воды или льда (косвенно, через изменение коэффициента трения). Это может применяться следующим образом: система предупреждает другие беспилотные и обычные автомобили о гололеде на конкретном участке дороги, мосту или в тенистом тоннеле. Коммунальные службы получают данные для точного и своевременного использования реагентов [4,5].

Данные от шин позволяют сделать дорожное движение безопаснее для всех участников: если один автомобиль попал в аварию или испытал экстренное торможение из-за опасности на дороге, его шины и системы стабилизации фиксируют это. Данные мгновенно анализируются и передаются с помощью технологии V2X на ближайшие светофоры, дорожные знаки и другие автомобили (рис. 3). «Умные шины» оказывают положительное влияние на оптимизацию дорожного движения. Информация о нагрузке на шины, которая коррелирует с весом автомобиля и характере движения оказывает положительное влияние при анализе транспортных потоков. Это позволяет в режиме реального времени управлять светофорами, меняя интервалы смены разрешающих и запрещающих сигналов, для предотвращения заторов [6].

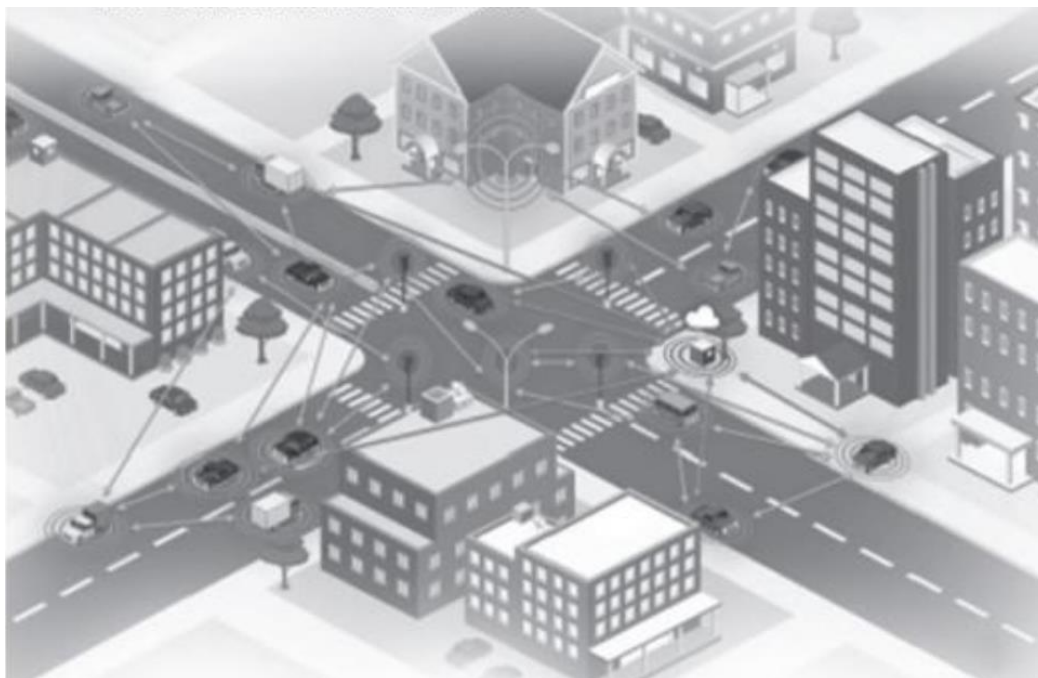


Рисунок 3 – Технология V2X в «умном городе»

В умном городе личный автомобиль может уступить место сервисам, позволяющим безопасно и с комфортом перемещаться по своим нуждам, не садясь при этом за руль автомобиля. Шины играют ключевую роль в этом: они гарантируют безопасность и предсказуемость. Когда пользователь вызывает беспилотное такси, он должен быть уверен в его техническом состоянии. Умные шины постоянно передают данные о своей исправности в диспетчерский центр, гарантируя, что автомобиль безопасен для поездки. Кроме того, сервисные компании могут менять шины на автомобилях парка не по графику, а на

основании их фактического износа, что повышает безопасность и снижает простой транспорта [7].

Заключение

Интенсивным ростом беспилотного транспорта обусловлены основные тенденции развития концепции «умного города», в которых «умные шины» играют важнейшую роль, так способствуют повышению безопасности для движения не одного транспортного средства, а целого потока. В концепции «умного города» шины трансформируются из пассивного компонента в активный, подключенные интеллектуальным элементам системы. Собираемая «умными шинами» информация попадает не только в бортовой компьютер автомобиля, но и, благодаря технологии V2X, в бортовые компьютеры других автомобилей, что может заблаговременно оповестить их водителей (или интеллектуальную систему, в случае с беспилотным транспортом) об опасности на дороге.

Список литературы

1. Хуссейн Т. Муфтах. Подключенные и автономные транспортные средства в умных городах / Хуссейн Т. Муфтах, М. Эрол-Кантарси, С. Соррор // CRC Press. – 2020.
2. Мухаммад Х. Рэшид. Справочник по силовой электронике автономных и электрических транспортных средств / Мухаммад Х. Рэшид // Academic Press. – 2024.
3. Х. Ли. Принцип архитектуры, протокол и алгоритмы CoG-MIN / Х. Ли, Х. Бэй // Springer Nature Singapore. – 2025.
4. Д. Пэттерсон. Умные шины / Д. Пэттерсон // Publiflye AS. – 2025.
5. П. Бехрузиния. Мониторинг состояния шин с использованием концепции интеллектуальных шин / П. Бехрузиния, С. Тахери, Р. Мирзайфар // Structural Health Monitoring. – 2013.
6. Ф. Ху. Коммуникации между транспортными средствами и транспортными средствами и инфраструктурой / Ф. Ху // CRC Press. – 2018.
7. Н. Сюй. Интеллектуальные системы шин / Н. Сюй, Х. Аскари, А. Хаджепур // Springer International Publishing. – 2022.

References

1. Hussein T. Mouftah. Connected and Autonomus Vehicles in Smart Cities / Hussein T. Mouftah, M. Erol-Kantarci, S. Sorroure // CRC Press. – 2020.
2. Muhammad H. Rashid. Handbook of Power Electronics in Autonomous and Electric Vehicles / Muhammad H. Rashid // Academic Press – 2024.
3. H. Li. Principle of Architecture, Protocol, and Algorithms for CoG-MIN / H. Li, H. Bai // Springer Nature Singapore. – 2025.
4. J. Patterson. Smart Tires / J. Patterson // Publiflye AS. – 2025.
5. P. Behroozinia. Tire health monitoring using the intelligent tire concept / P. Behroozinia, S. Taheri, R. Mirzaeifar // Structural Health Monitoring. – 2013.
6. F. Hu. Vehicle-to-Vehicle and Vehicle-to-Infrastructure Communications / F. Hu // CRC Press. – 2018.
7. N. Syuj. Intelligent Tire Systems / N. Syuj, H. Askari, A. Khajepour // Springer International Publishing. – 2022.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_24-27
УДК 656.132:657.372.3

Волков В.С.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Митрохин Е.А.

магистрант Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Volkov V.S.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

Mitrohin E.A.

Undergraduate student of Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Voronezh, Russian
Federation

ОЦЕНКА БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ГОРОДСКОГО ТРАНСПОРТА НА ПРИМЕРЕ ДОРОЖНОЙ СЕТИ Г. ВОРОНЕЖА

ASSESSMENT OF URBAN TRANSPORT SAFETY USING THE EXAMPLE OF THE VORONEZH ROAD NETWORK

Аннотация. Рассмотрена схема оптимального взаимодействия субъектов системы городского транспорта в вопросах стратегического планирования развития транспортной сети.

Abstract. The scheme of optimal interaction of subjects of the urban transport system in matters of strategic planning for the development of the transport network is considered.

Ключевые слова: транспорт, поток, водитель.

Keywords: transport, flow, driver

Для переживаемого периода развития общества характерно недостаточно оптимальное взаимодействие всех субъектов системы, как в вопросах стратегического планирования, так и в вопросах локального управления. Отсутствие в законодательной базе четкого разграничения задач, функций, полномочий, порядка взаимодействия и ответственности управленческих органов по обеспечению безопасности движения транспорта, создает ситуацию, способствующую снижению эффективности принимаемых решений на государственном уровне. Особенно остро данная проблема обозначается в области управления городским пассажирским транспортом.

Местные органы исполнительной власти осуществляют конечный этап в процессе управления обеспечением безопасности дорожного движения с учетом многообразия местных условий транспортной работы. При этом особую сложность представляет собой управление движением городского, прежде всего пассажирского транспорта, как системы, функционирующей в условиях ряда

ограничений по взаимодействию с пешеходными потоками, пропускной способности проезжей части, транспортных развязок и т.д.

Как показали результаты исследований, проведенные на кафедре автомобилей и тракторов ВГЛТА в 2024 году, на примере дорожной сети г. Воронежа, суточная интенсивность движения транспорта на некоторых участках превышает 20 тысяч автомобилей, причем, основная доля нагрузки распределяется в так называемые утренние и вечерние часы пик. При этом в составе транспортного потока, проходящего через центральные улицы города, была выявлена следующая неоднородность:

- легковые автомобили - 65 %;
- микроавтобусы типа «Газель» - 17 %;
- автобусы малой вместимости типа ПАЗ – 13 %; -автобусы большой вместимости - 5 %.

Задержка движения в периоды наибольшей нагрузки на дорожную сеть при проезде перекрестков составляет от 1 до 15 минут. Если учесть, что на 1 км проезжей части центра города приходится 3 ... 4 перекрестка, то средняя скорость движения при этом снижается до 6 ... 10 км/ч.

Взаимодействие транспортного и пешеходного потоков создает множество конфликтных ситуаций, при которых весьма высока вероятность травматизма пешеходов. Как показал анализ дорожной обстановки, доля вины за создание данного вида конфликтных ситуаций, распределяется примерно поровну между пешеходами и водителями транспорта. Однако, значительную часть проблем по обеспечению безопасности дорожного движения создают водители пассажирских маршрутных транспортных средств.

Основными видами нарушения Правил дорожного движения являются:

- движение на запрещающий сигнал светофора;
- наезд на сплошные линии дорожной разметки, в том числе с выездом на полосы встречного движения;
- движение через пешеходные переходы при наличии на них пешеходов;
- начало движения на разрешающий сигнал светофора при наличии не успевших закончить переход пешеходов;
- стоянка в местах остановок маршрутного транспорта;
- движение пешеходов по проезжей части вне переходов;
- движение пешеходов на запрещающий сигнал на регулируемых пешеходных переходах.

Частота нарушений Правил дорожного движения колеблется в довольно широких пределах и на отдельных участках центральной части города составляет от 20 до 60 нарушений в час. При этом более 50 % нарушений приходится на водителей маршрутных автобусов малой и особо малой вместимости, действия которых создают значительную часть проблем в обеспечении безопасности дорожного движения на городских улицах. При наличии постов ДПС наблюдалось снижение частоты нарушений до 5 ... 15 случаев в час, что свидетельствует о низкой дисциплине водителей транспорта.

Указанные обстоятельства свидетельствуют как о слабой квалификационной подготовке водительского состава, так и о необходимости более четкого выполнения возложенных функций подразделениями административных органов. В частности, как показывает практика, в городе и в области недостаточно четко организована работа по аттестации работников транспортного комплекса, обеспечивающих безопасность дорожного движения на право занятия ими соответствующих должностей. Слабо осуществляется контроль за допуском юридических лиц и предпринимателей к перевозочной деятельности. Лицензию на перевозочный вид деятельности может получить любой предприниматель, прошедший обучение по 72-х часовой программе, что, может быть достаточно для специалистов с высшим образованием автомобильного профиля, но совершенно недостаточно для лиц, уровень образования которых мал или весьма далек от заявленного вида деятельности.

В настоящее время в городе создалась ситуация множества дублирующих маршрутов, что вызывает неудобства у пассажиров и усложняет дорожную обстановку. Решение создавшейся проблемы можно видеть в снижении в доле транспортного потока автобусов малой вместимости с заменой их на автобусы большой вместимости, водители которых, как показывают результаты наблюдений, являются наиболее дисциплинированными участниками движения. Однако при этом необходимо учитывать, что автобусы большой вместимости обладают меньшей маневренностью, и их скорость движения значительно ниже скорости транспортного потока. При увеличении в транспортном потоке городского движения доли крупногабаритных транспортных средств, к которым принадлежат автобусы большой вместимости до 10 %, средняя скорость потока снижается более чем на 20 % [2]. В работах [2], [3] указывается, что влияние крупногабаритных транспортных средств на среднюю скорость транспортного потока тем ниже, чем больше имеет проезжая часть полос движения. При этом указывается, что использование в городских условиях автобусов большой вме-

стимости не оказывает заметного влияния на скорость транспортного потока при числе полос для движения в одном направлении более трех [4].

При меньшем числе полос движение автобусов большой вместимости создает меньше проблем при наличии в зонах остановок специальных заездов, чтобы остановившийся автобус не перекрывал полосу движения.

Кроме этого необходимо учитывать, что значительная часть городских дорог не имеет твердого основания и не рассчитана на восприятие осевых нагрузок более 6 тс. Результаты перегрузки дорожных одежд по данному показателю можно наблюдать в виде постоянно увеличивающихся поперечных трещин и волнообразным образованиям в местах торможения транспорта – перед перекрестками и в местах остановок. Замена автобусов малой вместимости с осевыми нагрузками 4 ... 5 тс на автобусы большой вместимости с осевыми нагрузками до 13 тс приводит к сокращению срока службы дорожных покрытий и вызывает проблемы в движении транспорта.

Заключение

Успешная и высокоприбыльная работа крупногабаритных автобусов большой вместимости со значительным уровнем осевых нагрузок может быть достигнута только при достаточной ширине проезжей части и наличии твердого основания, исключающего деформацию дорожной одежды. Такие условия есть в Москве и некоторых других городах, где дорожная одежда располагается на жёстком бетонном основании.

Список литературы

1. Бабков В.Ф. Дорожные условия и безопасность движения. – М.: Транспорт, 1993. – 271 с.
2. Методическое пособие по курсу подготовки специалистов по безопасности дорожного движения. – М.: ННПФ Трансколсантинг, 2000. – 360 с.
3. Клиновштейн Г.И., Афанасьев М.Б. Организация дорожного движения. – М.: Транспорт, 1997. – 231 с.
4. Коноплянко В.И. Основы безопасности дорожного движения. – М.: ДОСААФ, 1978. – 128 с.

References

1. Babkov V.F. Road conditions and traffic safety. Moscow: Transport, 1993. 271 p.
2. Methodological guide for the course of training specialists in road safety. Moscow: NNPF Transcolsanting, 2000. 360 p.
3. Klinkovshstein G.I., Afanasyev M.B. Organization of traffic. Moscow: Transport, 1997. 231 p.
4. Konoplyanko V.I. Fundamentals of road safety. Moscow: DOSAAF, 1978. 128 p.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_28-35
УДК 629.4.082

Колосов К.С.

магистр 2 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Новиков А.П.

кандидат техн. наук, доцент,
кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени Г.Ф.
Морозова,
РФ

Хрипченко М.С.

кандидат техн. наук, доцент,
кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени Г.Ф.
Морозова,
РФ

Kolosov K.S.

2nd year Master's degree from the Automobile
Faculty of Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Novikov A.P.

Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of cars and service,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Khripchenko M.S.

Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor of the Department of cars and service,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ АВТОМОБИЛЕЙ ПУТЕМ ПРИМЕНЕНИЯ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО МЕТОДА КОНТРОЛЯ

IMPROVING THE PERFORMANCE PROPERTIES OF AUTOMOTIVE ADHESIVE JOINTS THROUGH THE USE OF A NON-DESTRUCTIVE TESTING METHOD

Аннотация. В данной работе рассматривается возможность создания метода неразрушающего контроля качества клеевых соединений, применяемых в автомобилестроении. Данная возможность обосновывается установлением экспериментальным путем взаимосвязи теплофизических характеристик и внутренних напряжений клеевого соединения.

Abstract. In this paper, the possibility of creating a method of non-destructive quality control of adhesive joints used in the automotive industry is considered. This possibility is justified by experimentally establishing the relationship between the thermophysical characteristics and internal stresses of the adhesive joint.

Ключевые слова: клеевое соединение, теплопроводность, температуропроводность, внутренние напряжения, субстраты, контроль качества.

Keywords: adhesive bonding, thermal conductivity, thermal conductivity, internal stresses, substrates, quality control.

При производстве современных автомобилей, кроме металлов часто используется множество конструкционных материалов: стекло, кожа, пластики, резина, ткани и т.д. Соответственно способы соединения тоже различны. Ос-

новными видами соединений являются: сварные, заклепочные, резьбовые, клеевые.

Что касается клеевых соединений, то необходимо отметить следующее.

Для создания оптимальной фиксации элементов относительно друг друга необходимо учитывать не только свойства этих материалов, но также конструктивные и эксплуатационные особенности сборочных единиц и эксплуатационные свойства автомобиля в целом [1].

Эксплуатационные свойства автомобиля подразделяются на свойства, связанные с движением и не связанные с движением (рис.1).



Рисунок 1 –Эксплуатационные свойства автомобиля

К основным эксплуатационным качествам клеевых соединений автомобилей относят:

1. Работоспособность в тяжёлых условиях эксплуатации (воздействие низких и высоких температур, агрессивных сред, высокого давления, механических нагрузок и вибрации).
2. Стойкость к коррозии (клеевые составы должны защищать соединения от проникновения влаги и коррозионно-агрессивных веществ).
3. Отсутствие усадки при эксплуатации.
4. Высокую скорость отвердевания.

При производстве, техническом обслуживании и ремонте часто требуется проведение контроля качества выполненных работ.

Контроль качества клеевых соединений в настоящее время с помощью тестирования является важной частью процесса проектирования для операции склеивания [2]. Поставщики клея должны быть готовы проводить на месте тестирование на вашем предприятии для крупных конструкций или тестировать склеивание небольших поверхностей на своих собственных объектах. Лабораторное тестирование и периодические проверки качества помогают обеспечить соответствие продуктов, во время производственных процессов, и стандартами лабораторных испытаний, на самом деле не всегда удобно пользоваться.

Как и большинство технологий, технология склеивания постоянно развивается. Если использовать клеи в качестве метода соединения, то постоянно возникает потребность обращения к поставщику, чтобы узнать, могут ли новые разработки гарантировать необходимую надежность.

Но, если бы иметь компактный прибор, с помощью которого можно было бы провести контроль качества клеевых соединений непосредственно на изделии, то технологический процесс стал бы намного эффективнее и менее затратным.

Чтобы разработать подобный прибор необходимо понимать принцип его работы, который должен основываться на методах, позволяющих через косвенные признаки определять требуемые характеристики.

Однако, чтобы разработать метод неразрушающего контроля клеевых соединений необходимо понять физику процесса, а именно, иметь информацию о теплопроводности, температуропроводности и процессе формирования внутренних напряжений клеевого соединения, а также их взаимосвязь [3]. Традиционный подход к методике расчета процессов теплопереноса через клеевые прослойки, когда используются табличные данные теплофизических характеристик клеевой композиции, представляется не корректным.

Целью работы является разработка и обоснование теплового метод неразрушающего контроля качества клеевых соединений.

Для достижения поставленной цели, необходимо было провести экспериментальные исследования по установлению взаимосвязи характера изменения теплофизических характеристик и внутренних напряжений клеевых прослоек [4]. Необходимо отметить, что клеевую прослойку нельзя рассматривать как изотропное тело. Возникшие в процессе склейки внутренние напряжения, дей-

ствующие на растяжение, формируют анизотропное тело с направленно ориентированными элементарными цепями полимера. В этом случае объект, т.е. клеевая прослойка макроскопически анизотропна.

Возвращаясь к блочным полимерам как изотропным телам, можно считать, что наиболее распространенным способом ориентации структурных элементов полимеров является операция вытягивания. При этом степень анизотропии исследуемых свойств охлажденного ниже температуры стеклования полимера определяется не только величиной степени вытяжки, но и скоростью вытягивания, температурой, длительностью пребывания нагретого образца под напряжением, молекулярным весом полимера и др. Другими словами, степень анизотропии определяется всей его термомеханической предисторией. Это в равной мере относится и к клеевым прослойкам [5].

Отсюда становится ясно, что моделирование процессов теплопроводности клеевых прослоек сводится к проведению комплексных экспериментальных исследований теплофизических свойств и внутренних напряжений прослоек.

В качестве объектов исследований использовались синтетические клеи на основе аморфных полимеров. Все используемые клеи применялись для склеивания металлических субстратов.

Использовались следующие клеи на основе аморфных полимеров (ненаполненные):

1. Эпоксидный клей марки ВК-9 с олигомером ЭД-20 и отвердителем в виде низкомолекулярного полиамида ПО-300.
2. Фенолокаучуковый клей марки ВК-13, состоящий из резольного олигомера и карбоксилсодержащего каучука.
3. Фенолокремнийорганический клей марки ВК-18, в состав которого входят фенолоальдегидный олигомер и содержащие титан кремнийорганические соединения.

Для проведения экспериментов использовались ранее созданные и запатентованные установки для определения теплофизических характеристик клеевых прослоек и для исследования внутренних напряжений в клеевых прослойках [6,7].

На рисунке 2 и 3 представлены экспериментальные зависимости характера изменения коэффициента теплопроводности, температуропроводности и внутренних напряжений клеевой прослойки различной толщины в процессе отверждения.

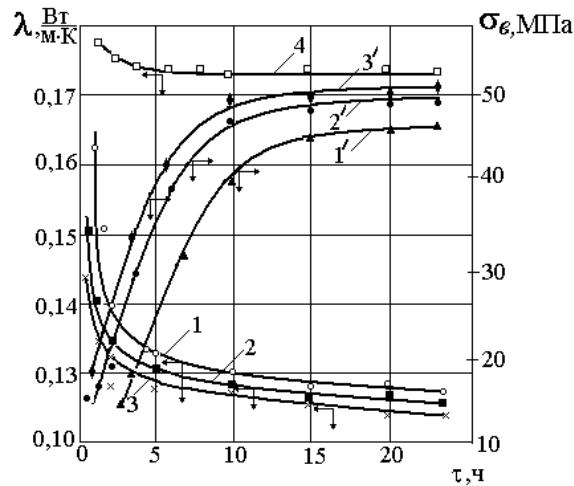


Рисунок 2 – Характер изменения коэффициента теплопроводности (1 - 3) и внутренних напряжений (1' - 3') клеевых прослоек из эпоксидного клея марки ВК-9 (олигомер ЭД-20 + отвердитель полиамид ПО - 300) различной толщины в процессе их отверждения. ($T_{\text{отв.}} = 328\text{K}$, субстраты – сталь 12Х18Н10Т). Толщина прослойки: 1-1' - 0,15мм; 2-2' - 0,5мм; 3-3' - 0,8мм. 4 – поверхности субстратов обработаны антиадгезионной эмульсией

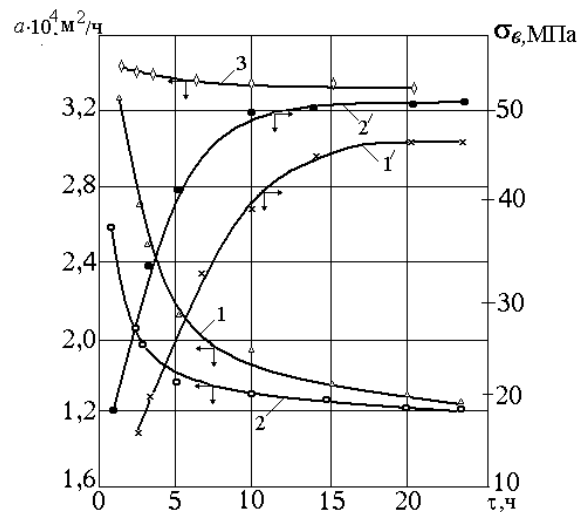


Рисунок 3 – Характер изменения коэффициента температуропроводности (1-2) и внутренних напряжений (1'-2') клеевых прослоек из эпоксидного клея марки ВК-9 (олигомер ЭД-20 + отвердитель полиамид ПО - 300) различной толщины в процессе их отверждения ($T_{\text{отв.}} = 328\text{K}$, субстраты – сталь 12Х18Н10Т). Толщина прослойки: 1,1' - 0,2мм; 2,2' - 0,8мм. 3 – поверхности субстратов обработаны антиадгезионной эмульсией

Анализ полученных результатов позволяет сделать следующие выводы. Для рассмотренных разновидностей клеев просматривается явная корреляция между теплофизическими характеристиками и внутренними напряжениями клеевых прослоек. Коэффициенты теплопроводности и температуропроводно-

сти изменяются в процессе отверждения прослойки антибатно нарастанию внутренних напряжений. Такой характер зависимостей $\lambda = f(\tau)$, $\alpha = f(\tau)$, с одной стороны, и $\sigma_{\epsilon} = f(\tau)$, с другой, подтверждает теоретические посылки работы, основанные на проявлении эффекта анизотропии теплофизических свойств за счет воздействия внутренних напряжений на структурные элементы полимера [8]. Об этом же свидетельствуют данные опытов для клеевых прослоек различной толщины.

Выводы

Специально проведенные исследования влияния масштабного эффекта на внутренние напряжения в клеевых соединениях свидетельствуют о значительном росте последних с увеличением толщины прослоек. Это объясняется возрастанием времени испарения или полимеризации растворителя.

Из графиков приведенных рисунков видно, что с увеличением толщины прослоек растут внутренние напряжения и одновременно снижаются значения теплофизических характеристик прослоек. При этом растет время формирования предельных значений внутренних напряжений и теплофизических характеристик. Такие корреляции остаются неизменными для различных по природе субстратов (Сталь 12Х18Н10Т и Л80).

Таким образом, становится возможным разработка теплового метода неразрушающего контроля качества клеевого соединения.

В данном случае операция по тепловой диагностике соединений на клеях сводится к сообщению теплового импульса на поверхность и регистрации разности температур для двух точек поверхности.

Наличие дефекта в клеевой прослойке устанавливается из сравнения времени наступления максимальной температуры в симметричных точках относительно места возбуждения с помощью зонда, подогреваемого нагревательным элементом [9,10]. Различие в показаниях термопар связано с тем, что дефектная зона оказывает дополнительное термическое сопротивление тепловому потоку.

Список литературы

1. Попов В.М. Теплообмен, через соединения на клеях: монография / В.М. Попов. - М.: Энергия, 1974. – 304 с.
2. Лушникова Е.Н. Тепловая диагностика прочности клеевых соединений теплонапряженных систем в процессе их эксплуатации / Е.Н. Лушникова, А.А. Тиньков // Интеграция фундаментальной науки и высшего лесотехнического образования по проблемам

ускоренного воспроизводства, использования и модификации древесины: сб. науч. тр. / ВГЛТА. - Воронеж, 2000. - Т. 1. - С. 98–99.

3. Попов В.М., Новиков А.П., Журавец М.А. Повышение эффективности работы термоэлектрических кондиционеров для кабин лесозаготовительных машин // Межвуз. сб. науч. тр. - Воронеж, 2001. - С. 22.

4. Попов В.М., Атаманов С.Г., Новиков А.П., Кондратенко И.Ю. К вопросу формирования контактного термосопротивления в длительно - нагружаемых соединениях // Вестник ВГТУ, сер. Энергетика, 2001. - Вып. 1.

5. Попов В.М., Новиков А.П., Кондратенко И.Ю. Разработка технологии создания теплопроводящих клеевых прослоек и пленок на основе полимеров. // Материалы отчетных конф. Минобразования РФ по науч.- техн. прогр. «Научные исследования высшей школы в области приоритетных направлений науки и техники». – М.: 2001. - С. 121.

6. Новиков А.П. Теплопроводность тонкослойных неметаллических материалов (ТПМ). // Математическое моделирование, компьютерная оптимизация технологий, параметров оборудования и систем управления лесного комплекса: Меж. вуз. сб. научн. трудов. - Воронеж: ВГЛТА, 2002. - С. 157 – 160.

7. Тиньков А.А. Повышение надежности и качества клеевых соединений в авиационных конструкциях / А.А. Тиньков // чтения: сб. материалов международной молодежной научной конференции (10 – 11 ноября 2004 г). - Казань 2004. - С.33 – 24.

8. Волькенштейн В.С. Скоростной метод определения теплофизических характеристик материалов. – Л.: Энергия, 1971. - 145 с.

9. Шлыков Ю.П., Ганин Е.А., Царевский С.Н. Контактное термическое сопротивление. – М.: Энергия, 1977. - 328 с.

10. Ванин Г.А. Композиты в машиностроении // Вестник машиностроения. - 1988. - №12. – С. 38 – 40.

References

1. Popov V.M. Heat transfer through joints on adhesives: monographs / V.M. Popov. - M.: Energy, 1974. – 304 с.

2. Lushnikova E.N. Thermal diagnostics of the strength of adhesive joints of thermally stressed systems during their operation / E.N. Lushnikova, A.A. Tinkov // Integration of fundamental science and higher forestry education on the problems of accelerated reproduction, use and modification of wood: collection of scientific papers / VGLTA. Voronezh, 2000. Vol. 1. - pp. 98-99.

3. Popov V.M., Novikov A.P., Zhuravets M.A. Improving the efficiency of thermoelectric air conditioners for cabins of logging machines // Interuniversity Collection of Scientific Papers, Voronezh, 2001, p. 22.

4. Popov V.M., Atamanov S.G., Novikov A.P., Kondratenko I.Yu. On the formation of contact thermal resistance in long-term loaded joints // VGTU Bulletin, ser. Energetika, 2001.- Issue 1.

5. Popov V.M., Novikov A.P., Kondratenko I.Y. Development of technology for creating thermally conductive adhesive layers and films based on polymers // Materials of the reporting conferences. Ministry of Education of the Russian Federation for Scientific- technical. progr. "Scientific research of higher education in the field of priority areas of science and technology." – М.: 2001. - p. 121.

6. Novikov A.P. Thermal conductivity of thin-layer nonmetallic materials (TPM) // Mathematical modeling, computer optimization of technologies, parameters of equipment and

control systems of the forest complex: Inter-university collection of scientific papers. Voronezh: VGLTA, 2002. - pp. 157-1160.

7. Tinkov A.A. Improving the reliability and quality of adhesive joints in aircraft structures / A.A. Tinkov // Readings: collection of materials of the International Youth scientific conference (November 10-11, 2004). Kazan, 2004. - pp. 33-24.

8. Volkenstein V.S. The high-speed method for determining the thermophysical characteristics of materials. L.: Energiya, 1971. - 145 p.

9. Shlykov Yu.P., Ganin E.A., Tsarevsky S.N. Contact thermal resistance. - Moscow: Energiya, 1977. - 328 p.

10. Vanin G.A. Composites in mechanical engineering // Bulletin of mechanical Engineering. - 1988. - No. 12. – pp. 38-40.

Короткова И.А.

студент, Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Мерчалов С.В.

кандидат техн. наук, доцент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Снятков Е.В.

кандидат техн. наук, доцент, кафедры производства, ремонта и эксплуатации машин Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Korotkova I.A.

student, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Merchalov S.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Snyatkov E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Production, Repair and Operation of Machinery, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ВОЗДУХООЧИСТИТЕЛЯ ДВИГАТЕЛЯ КАМАЗ-740 ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ФИЛЬТРУЮЩЕГО ЭЛЕМЕНТА ИЗ ПОРИСТОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ (ПНС) И БУМАЖНОГО ФИЛЬТРА ДФВ 5801

COMPARATIVE ANALYSIS OF THE PERFORMANCE CHARACTERISTICS OF THE KAMAZ-740 ENGINE AIR PURIFIER WHEN USING A POROUS STAINLESS STEEL (PNS) FILTER ELEMENT AND A DFV 5801 PAPER FILTER

Аннотация. Приводится анализ лабораторных исследований работы серийного фильтрующего элемента воздухоочистителя (ВО) двигателя КАМАЗ-740 с фильтрующим элементом бумажного серийного (БФЭ) 740-1109560-02 типа ДФВ 5801 и из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6 от запыленности воздуха. Анализ проведенных исследований показал, что удельная пылеемкость ВО с БФЭ типа ДФВ 5801 составляет в пределах 150 г/м^2 , для ФЭ из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6 составила 410 г/м^2 . Фильтрующий элемент из пористой нержавеющей стали превосходит по удельной пылеемкости бумажный в 3...4 раза. Его можно не однократно обслуживать, по сравнению с бумажным серийным (БФЭ).

Abstract. The analysis of laboratory studies of the operation of the serial filtering element of the KAMAZ-740 engine air purifier with a paper filter element of serial (BFE) 740-1109560-02 type DFV 5801i made of porous stainless steel PNS-6 against air dust is presented. An analysis of

the conducted studies showed that the specific dust capacity of CFPE of the DFV 5801 type is in the range of 150 g/m², for FE made of porous stainless steel PNS–6 was 410...630 g/m². The filter element made of porous stainless steel is 3...4 times higher in specific dust capacity than paper. It can be serviced more than once, compared to paper serial (BFE).

Ключевые слова: воздухоочиститель, фильтрующий элемент, гидравлическое сопротивление, пылеемкость, пористая нержавеющая сталь (ПНС), бумажный серийный (БФЭ).

Keywords: air purifier, filter element, hydraulic resistance, dust capacity, porous stainless steel (PNS), paper serial (BFE).

Введение

Воздушная среда, в которой работают двигатели современных грузовых автомобилей (рис.1 и рис.2) и тракторов (рис.3 и рис. 4), содержит значительное количество минеральной пыли, влаги и химических соединений, образующихся в результате выбросов отработанных газов, таких как сажа (рис.5 и рис. 6) и другие загрязнители.



Рисунок 1 – Работа грузового автомобиля в песчаном карьере



Рисунок 2 – Движение грузового автомобиля по проселочной дороге



Рисунок 3 – Работа трактора при культивации пара почвы



Рисунок 4 – Работа трактора при посеве с/х культур

Несоблюдение рекомендованных сроков замены фильтрующих элементов в системе очистки воздуха может привести к ряду серьезных эксплуатационных проблем. В частности, это может вызвать повышенный износ трущихся деталей двигателя, сбои в работе топливных форсунок, заметное снижение мощности, увеличение расхода топлива и сокращение срока службы двигателя. Уровень концентрации взвешенных частиц в воздушной среде при выполнении разнообразных видов работ, а также в зависимости от почвенно-климатических характеристик в зонах работы воздушных фильтров системами воздушной очистки (ВО), демонстрирует значительный разброс значений. Данный параметр варьируется в пределах от 0,03 г/м³ до 5 г/м³.

На рисунках 5 и 6 показаны образцы пыли с сажей, собранные с фильтрующих элементов автомобиля КАМАЗ-740 и трактора ДТ-75. На изображениях можно увидеть конгломерат пыли, представленный в виде чёрного пятна, который связан сажевыми частицами. Это значительно увеличивает адгезию частиц к фильтрующему элементу и приводит к более быстрому росту его сопротивления.

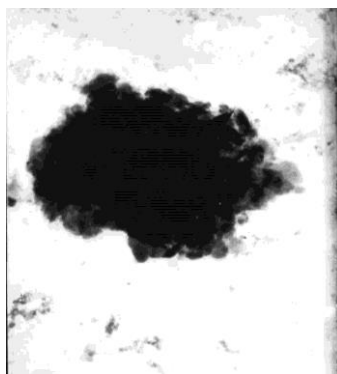


Рисунок 5 – Пыль с сажей на фильтре при движении автомобиля КАМАЗ-740 по проселочной дороге

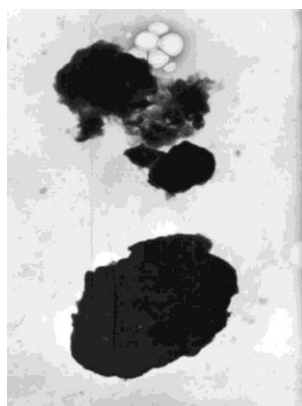


Рисунок 6 – Пыль с сажей на фильтре при культивировании пара трактором ДТ-75

Воздушный фильтр, ключевой элемент системы питания двигателя, предназначен для обеспечения оптимальной чистоты поступающего воздуха.

Главная задача воздушного фильтра – обеспечить максимальную очистку забираемого из окружающей среды воздуха:

- он должен эффективно улавливать частички пыли, песка, сажи и др.;
- минимизировать сопротивление потоку, обеспечить достаточную пропускную способность.

- коэффициент пропускания взвешенных частиц не более 1 %. То есть они способны улавливать до 99 % пыли и других включений;

- сопротивлением воздушному потоку на уровне 0,6 %.
- предельно допустимым сопротивлением – не более 50 кПа;
- длительным сроком службы с сохранением эксплуатационных показателей и целостности.

В воздухоочистителях, предназначенных для двигателей грузовых автомобилей КАМАЗ, преимущественно используются фильтрующие элементы, изготовленные из бумаги марок БФВ-105П и БФВ-145П, а также картонные материалы ПКВ и КФ. Эти компоненты демонстрируют высокую эффективность в процессе очистки воздуха на протяжении приблизительно 10 000 километров пробега транспортного средства, после чего рекомендуется их замена. Однако следует учитывать, что при воздействии неблагоприятных факторов, таких как попадание влаги, сажевых частиц или масла, эксплуатационные характеристики данных фильтрующих элементов могут значительно ухудшиться, что приведет к преждевременному выходу их из строя и невозможности выполнения ими своих функциональных задач в течение установленного срока службы.

В системах фильтрации воздуха для двигателей грузовых автомобилей КАМАЗ чаще всего применяются фильтрующие элементы, изготовленные из бумаги марок БФВ-105П и БФВ-145П, а также из картонных материалов ПКВ и КФ. Эти компоненты обеспечивают эффективную очистку воздуха на протяжении примерно 10 000 километров пробега автомобиля. После этого срока их необходимо заменить. Однако стоит учитывать, что при воздействии неблагоприятных условий, таких как попадание влаги, сажи или масла, эксплуатационные характеристики этих фильтров могут значительно ухудшиться. Это может привести к их преждевременному выходу из строя и утрате способности выполнять свои функции в течение установленного срока службы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Целью испытаний было сравнительное изучение эффективности различных фильтрующих материалов в условиях, максимально приближенных к реальным эксплуатационным. В ходе экспериментов оценивались такие параметры, как пропускная способность фильтров и их пылеемкость.

Для детального анализа и оценки эксплуатационных характеристик были проведены лабораторные испытания фильтрующих элементов. В исследовании участвовали два типа фильтров: бумажный серийный 740-1109560-02, предназначенный для использования в дизельных двигателях КамАЗ-740, и экспериментальный пористый фильтр из нержавеющей стали ПНС-6. Эксперименты

проводились на специализированном безмоторном стенде для испытаний воздухоочистителей, что позволило минимизировать влияние внешних факторов и обеспечить воспроизводимость результатов.

Результаты испытаний показали, что бумажный фильтр 740-1109560-02 демонстрирует высокую степень очистки воздуха и эффективно задерживает мелкодисперсные частицы, однако его пропускная способность может снижаться при высоких нагрузках. Пористый фильтр из нержавеющей стали ПНС–6, напротив, обладает более высокой пропускной способностью, что делает его предпочтительным выбором для систем с высокими требованиями к производительности. Однако, как показал анализ, он менее эффективен в удалении мелкодисперсных частиц и может быстрее засориться в условиях эксплуатации с высокой концентрацией пыли и сажи.

ОБЪЕКТ ИССЛЕДОВАНИЯ

Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801 (рис.6), фильтрующий элемент из ПНС (рис. 7).



Рисунок 6 – Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801



Рисунок 7 – Фильтрующий элементы из ПНС –6 трубчатого типа после исследований

МЕТОДИКА И ОБОРУДОВАНИЕ

Воздухоочистители испытывали на безмоторном стенде. Методика испытания и оборудование стенда изложены в работе [2].

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЯ

Фильтр воздушный, бумажный ДФВ 5801. Анализ данных, представленных на рисунке 3, демонстрирует, что в интервале времени с 3 до 10 часов функционирование фильтра характеризовалось значительной вариативностью показателей в рамках нормативных требований ГОСТ. В этот период фильтр достигал пиковой эффективности в процессах воздухоочистки, что обусловлено механизмами адсорбции частиц пыли на волокнистой структуре фильтрующего элемента, приводящими к уменьшению эффективных размеров пор бумаги. В результате на поверхности фильтра формируется дополнительный фильтрующий слой, который, взаимодействуя с поступающими загрязняющими частицами, способствует их самоочищению посредством движения слоев пыли по поверхности фильтрующего материала. Таким образом, для достижения максимальной эффективности фильтра требуется определенный временной интервал для стабилизации работы и формирования оптимального фильтрующего слоя.

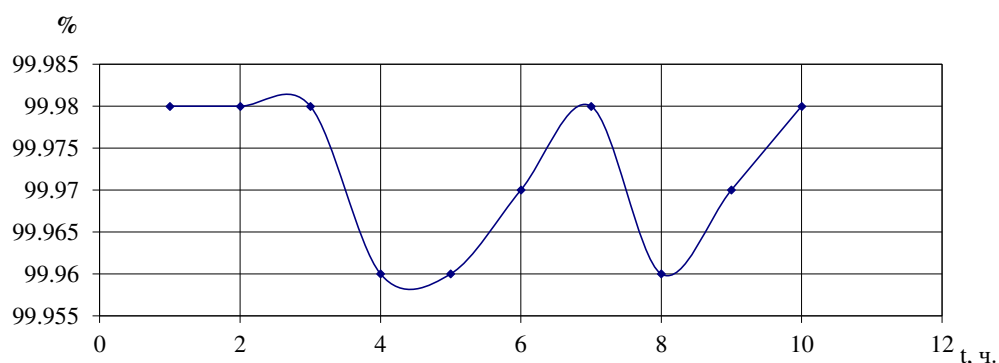


Рисунок 8 – Влияние времени работы фильтра ДФВ 5801 на эффективность очистки воздуха

Результаты испытаний воздухоочистителя (ВО) показывают, что удельная пылеемкость устройства составляет 150 г/м^2 для сухого пылевого слоя. В течение первых 10 часов эксплуатации эффективность очистки воздуха достигает 99,98%, что свидетельствует о высокой степени фильтрации и надежности работы системы.

Фильтрующий элемент из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6.

В рамках настоящего исследования был изучен трубчатый фильтрующий элемент, изготовленный из пористой нержавеющей стали марки ПНС-6 (рис. 6). Конструктивно данный элемент представляет соединенные между собой по кругу цилиндрические трубки, обладающую высокой пористостью.

Процесс изготовления трубчатого фильтрующего элемента включает несколько этапов, начиная с подготовки исходных материалов и заканчивая финишной обработкой. Исходным материалом для производства служит пористая листовая нержавеющая сталь марки ПНС-6, обладающая высокой коррозионной стойкостью и механическими характеристиками. Листы данной марки подвергаются раскрою и формовке в цилиндрические заготовки, которые затем подвергаются контактной шовной сварке на специализированном оборудовании. Данная технология обеспечивает надежное соединение элементов и минимизирует вероятность образования дефектов сварного шва.

Заключительным этапом производственного процесса является финишная обработка трубчатого фильтрующего элемента, включающая механическую обработку поверхности и контроль качества сварных соединений. В результате получается высокопроизводительный фильтрующий элемент, обладающий оптимальными эксплуатационными характеристиками. Электронная структура пористой нержавеющей стали ПНС-6 представлена на рисунке 9.

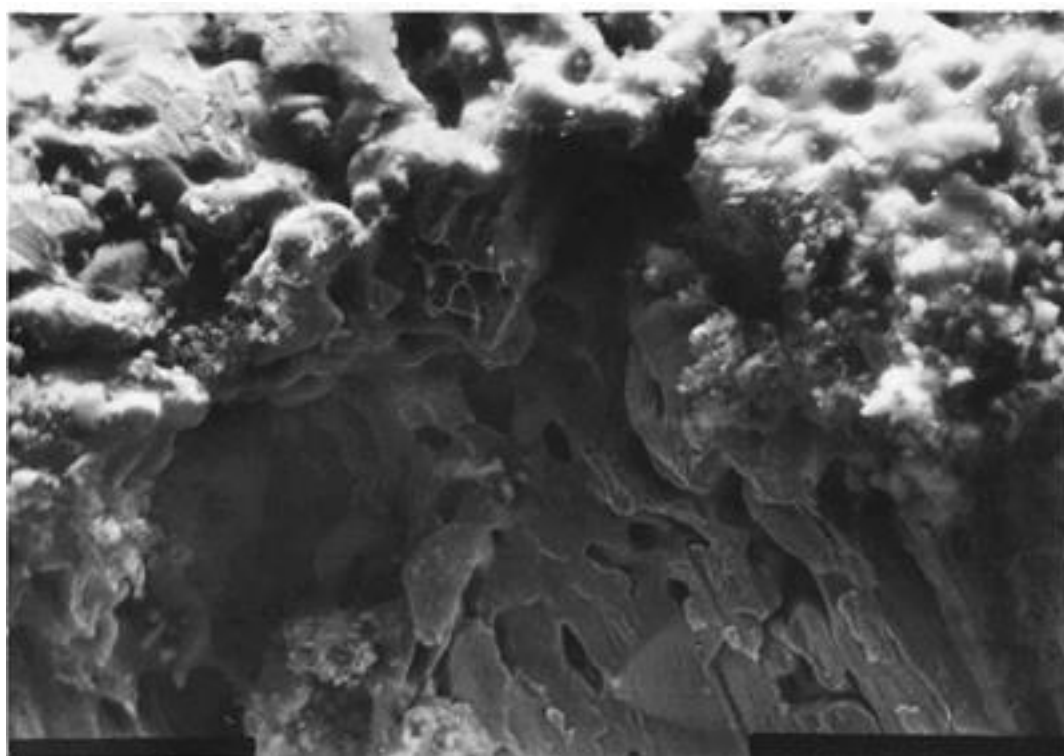


Рисунок 9 – Электронная структура пористой нержавеющей стали ПНС-6 (Увел. 1000^x)

Результаты испытаний представлены графической зависимостью на рисунке 10. Анализ данных, представленных на рисунке 10, позволяет сделать обоснованный вывод о более высокой эффективности и стабильности филь-

трующего элемента из пористой нержавеющей стали (ПНС-6) по сравнению с традиционным бумажным фильтром (рис. 8). Статистические отклонения значений эффективности очистки в случае ПНС-6 значительно ниже и находятся в пределах, регламентированных ГОСТ, что свидетельствует о его высокой надежности и предсказуемости.

Следует отметить, что фильтрующий элемент ПНС-6 демонстрирует максимальную эффективность очистки воздуха уже через 4–5 часов эксплуатации, что существенно сокращает время достижения оптимального уровня защиты, уменьшает попадания пыли в двигатель.

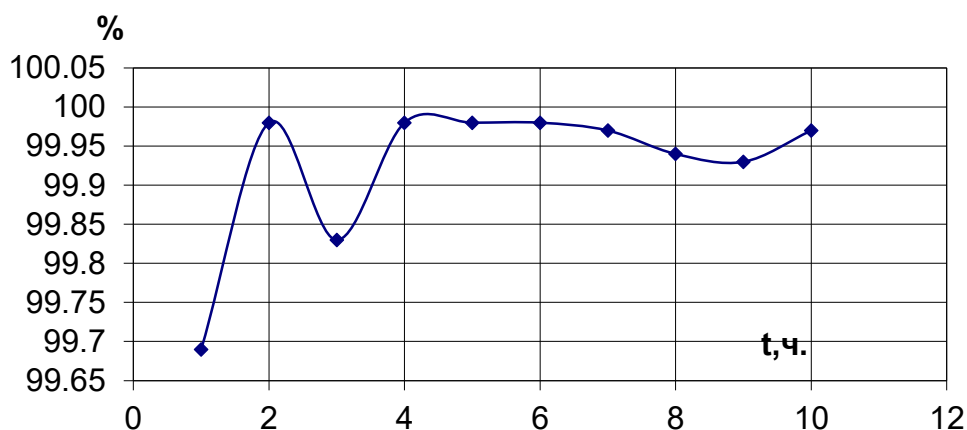


Рисунок 10 – Влияние времени работы фильтрующего элемента из ПНС -6 на эффективности очистки воздуха

В отличие от этого, бумажный фильтр (БФЭ) достигает аналогичной степени очистки только после 10 часов функционирования, что свидетельствует о его меньшей адаптивности и более низкой динамике достижения максимальной эффективности очистки воздуха

Превосходство фильтрующего элемента ПНС-6 обусловлено его конструктивными особенностями, минимизирующими перемещение слоев пыли по поверхности фильтра. Это позволяет значительно ускорить процесс достижения максимальной эффективности очистки и обеспечивает более стабильную работу в течение всего периода эксплуатации.

Результаты десятичасовых испытаний демонстрируют, что эффективность очистки воздуха фильтрующим элементом ПНС-6 составляет 99,99%, что является исключительно высоким показателем. При использовании естественной пыли пылеемкость ПНС-6 достигает 410 г/м², что существенно превышает удельную пылеемкость бумажного фильтра, которая составляет приблизительно 150 г/м².

Таким образом, фильтрующий элемент из пористой нержавеющей стали ПНС-6 обладает значительными преимуществами перед традиционными бумажными фильтрами, включая более высокую эффективность, стабильность работы и более высокую пылеемкость. Эти характеристики делают его предпочтительным выбором для применения в системах воздухоочистки, где требуется высокий уровень защиты от пылевидных включений.

Выводы

1. Исследования показали, что фильтрующий элемент из ПНС-6 демонстрирует более стабильную работу по сравнению с бумажным аналогом. Разброс значений у него меньше, и они находятся в пределах, установленных ГОСТ.

2. Фильтрующий элемент из ПНС-6 достигает максимальной эффективности в очистке воздуха быстрее, чем бумажный фильтр ДФВ 5801. Время достижения максимального уровня очистки составляет 4–5 часов для ПНС-6 и 10 часов для ДФВ 5801.

3. Фильтрующий элемент из ПНС-6 демонстрирует высокую пылеемкость в условиях воздействия естественной пыли, достигающую значения 410 г/м².

4. Фильтр ДФВ 5801, изготовленный из бумаги, демонстрирует высокую степень очистки воздуха, достигающую 99,98%. Однако, его удельная пылеемкость, ниже по сравнению с фильтрующим элементом из ПНС-6. По результатам испытаний она составляет около 150 г/м², что требует более частой его замены.

Список литературы

1. Ащеулов А.С., Ащеулова А.С., Кудреватых А.В., Фрянов Н.О., Саторов Б.И. Современные автомобильные воздушные фильтры и требования, предъявляемые к ним // Инновации в информационных технологиях, машиностроении и автотранспорте (иитма-2020). сборник материалов IV Международной научно-практической конференции с онлайн-участием. – Кемерово, 2020. – 568 с.
2. Мерчалов С.В., Затонский А.П., Татаринцев В.Ю. Совершенствование системы очистки воздуха ДВС автомобилей семейства КАМАЗ // Повышение эксплуатационных качеств мобильных транспортно-технологических средств : Материалы Всероссийской научной конференции. – Воронеж, 2023. – 32 – 36 с.
3. Слабов Е.П. Влияние очистки воздуха на ресурс двигателя / Е.П. Слабов, В.С. Антропов, В.Б. Нилов // Автомобильный транспорт. - 1978. - № 4. - С. 41-42.
4. Воропаев В.В. Исследование и повышение долговечности тракторных двигателей путем совершенствования воздухоочистки: автореф. дис. канд. техн. наук / В.В. Воропаев; МАМИ. - М., 1980. - 16 с.

5. Лапшин С.А., Байбарин В.А. Улучшение эксплуатационных свойств трактора ЛТЗ-60АВ за счет применения мультициклонного воздухоочистителя // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. – 2010. – № 2 (25). – С. 32–36.

6. Фильтр воздушный КамАЗ, обслуживание и ремонт. – URL: <https://fb.ru/article/485231/2023-filtr-vozdushnyi-kamaz-obslujivanie-i-remont?ysclid=m2ho8kopt382507959> (дата обращения: 17.03.2025).

References

1. Ascheulov A.S., Ascheulova A.S., Kudrevatykh A.V., Fryanov N.O., Sattorov B.I. Modern automotive air filters and the requirements for them // Innovations in information technology, mechanical engineering and motor transport (iitma-2020). collection of materials of the IV International Scientific and practical conference with online participation. Kemerovo, 2020. – 568 p.

2. Merchalov S.V., Zatonskiy A.P., Tatarintsev V.Yu. Improving the air purification system for internal combustion engines of KAMAZ family vehicles // Improving the operational qualities of mobile transport and technological means : Materials of the All-Russian Scientific Conference. Voronezh, 2023. – 32-36 p.

3. Slabov E.P. The effect of air purification on engine life / E.P. Slabov, B.C. An-tropov, V.B. Nilov // Automobile transport. – 1978. - No. 4. - pp. 41-42.

4. Voropaev V.V. Research and improvement of the durability of tractor engines by improving air purification: abstract of the dissertation of the Candidate of Technical Sciences / V.V. Voropaev. – Moscow, 1980. - 16 p.

5. Lapshin S.A., Baibarin V.A. Improving the operational properties of the LTZ-60AV tractor through the use of a multicyclone air cleaner // Bulletin of the Voronezh State Agrarian University. – 2010. – № 2 (25). – pp. 32–36 C.

6. KAMAZ air filter, maintenance and repair. – URL: <https://fb.ru/article/485231/2023-filtr-vozdushnyi-kamaz-obslujivanie-i-remont?ysclid=m2ho8kopt382507959> (accessed: 03/17/2025).

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_46-54
УДК 629.114.2

Морев А.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Ларионов М.А.

заместитель руководителя отдела технологий
качества автозавода ООО «Хавейл Мотор
Мануфактуринг Рус», РФ

Школьных А.В.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г. Ф. Морозова, РФ

Morev A.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Larionov M.A.

Deputy Head of the Quality Technologies
Department of the automobile plant LLC "Haval
Motor Manufacturing Rus", Russian Federation

Shkolnykh A.V.

assistant of the Department of cars and service,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the
Department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И РЕЖИМЫ РАБОТЫ ЗАДНИХ ВЕДУЩИХ МОСТОВ АВТОМОБИЛЕЙ Haval

DESIGN FEATURES AND OPERATING MODES OF THE REAR DRIVE AXLES OF Haval VEHICLES

Аннотация. В данной статье проводится комплексный анализ конструктивных решений и функциональных режимов задних ведущих мостов, применяемых в автомобилях китайского бренда Haval, локализованного на территории Российской Федерации. Актуальность исследования обусловлена стремительным ростом присутствия данных транспортных средств на отечественном рынке и необходимостью их глубокого технического изучения для целей сервисного обслуживания, ремонта и образовательного процесса. В работе последовательно рассмотрены эволюция конструкций, проведен детальный разбор устройства неразрезных и подключаемых мостов на примере ключевых моделей бренда – Haval F7 и HavalDargo. Методом сравнительного анализа выявлены преимущества и недостатки различных схем, систематизированы их технические параметры. Особое внимание уделено описанию алгоритмов работы систем полного привода в различных дорожных условиях. Практическая значимость работы подтверждается разработкой учебного макета механической трансмиссионной установки (МТУ) HavalDargo, предназначенного для использования в учреждениях среднего специального и высшего образования. Результаты исследования представляют ценность для инженерно-технических специалистов автомобильной отрасли, педагогов и студентов соответствующих направлений подготовки.

Abstract. This article provides a comprehensive analysis of the design solutions and functional modes of the rear drive axles used in vehicles of the Chinese brand Haval, localized in the Russian Federation. The relevance of the study is determined by the rapid growth of these vehicles in the domestic market and the need for in-depth technical study for the purposes of service, repair,

and educational processes. The paper consistently examines the evolution of designs and provides a detailed analysis of the structure of solid and plug-in axles using the brand's key models – the Haval F7 and Haval Dargo – as examples. A comparative analysis reveals the advantages and disadvantages of various designs and systematizes their technical parameters. Particular attention is paid to the description of the operating algorithms of all-wheel drive systems under various road conditions. The practical significance of the study is confirmed by the development of a training model of the Haval Dargo mechanical transmission unit (MTU), intended for use in secondary vocational and higher education institutions. The results of the study are valuable for engineering and technical specialists in the automotive industry, teachers, and students in relevant fields of study.

Ключевые слова: Haval, задний ведущий мост, конструктивные особенности, режимы работы, полный привод, муфта подключения, сравнительный анализ, технические характеристики, учебный макет, российский автопром.

Keywords: Haval, rear drive axle, design features, operating modes, all-wheel drive, clutch, comparative analysis, technical specifications, training model, Russian auto industry.

Введение

Современный этап развития мирового и российского автомобилестроения характеризуется усилением тенденций к созданию автомобилей повышенной проходимости (SUV и кроссоверов), пользующихся устойчивым потребительским спросом. Значительную долю данного сегмента на рынке РФ занимает продукция китайского бренда Haval, организовавшего полномасштабное производство на заводе в Тульской области. Данное обстоятельство обуславливает повышенный интерес к техническим аспектам конструкции данных транспортных средств со стороны специалистов сервисных центров, инженеров-конструкторов и академического сообщества.

Одним из ключевых узлов, определяющих ходовые качества и эксплуатационные характеристики кроссовера, является ведущий мост, а в частности – задний ведущий мост, конструкция которого варьируется от простой неразрезной балки до сложной системы подключаемого полного привода с электронным управлением (рис. 1). Несмотря на обилие моделей Haval в продаже, в технической литературе и научных публикациях ощущается дефицит систематизированной информации, детально раскрывающей конструктивные особенности и логику работы их трансмиссий. Выявление и комплексный анализ инженерных решений, реализованных в конструкции задних ведущих мостов автомобилей Haval, а также оценка их влияния на эксплуатационные показатели. Предполагается решить следующие задачи: провести сравнительный анализ конструкций неразрезных и подключаемых мостов; изучить алгоритмы работы систем полного привода.



Рисунок 1 – Haval Dargo в сборе

Объект исследования

Задние ведущие мосты автомобилей кроссоверного сегмента бренда Haval. Предмет исследования – конструктивные параметры и функциональные режимы работы данных агрегатов (рис. 2).



Рисунок 2 – Задний ведущие мосты автомобиля Haval Dargo

Конструктивный анализ задних ведущих мостов автомобилей Haval

Для моделей Haval F7 и F7x, позиционирующихся как городские кроссоверы, характерно использование классической конструкции неразрезного заднего ведущего моста. Основной несущий элемент – балка [1], представляющая собой пустотелую стальную конструкцию коробчатого сечения, к концам которой приварены стаканы [2] для установки подшипниковых узлов полуосей [3]. Такая конструкция обеспечивает высокую жесткость на кручение, но увеличивает неподрессоренные массы, что может незначительно сказываться на плавности хода. В центральной части балки размещен редуктор главной передачи

[4]. В исследуемых моделях применяется гипоидная главная передача, что позволяет опустить карданный вал ниже и снизить центр тяжести автомобиля, повышая устойчивость. Передаточное число главной пары подобрано для обеспечения оптимального баланса между динамикой разгона и топливной экономичностью. Дифференциал [5] – конический, симметричный, обеспечивающий распределение крутящего момента между колесами и возможность их вращения с разными скоростями в поворотах. Для повышения проходимости на скользких покрытиях применяется система электронной блокировки дифференциала, реализуемая путем подтормаживания буксующего колеса силами штатной антиблокировочной системы тормозов (ABS).

Модель Naval Dargo (известная на некоторых рынках как Naval H9 или NavalDaGou) оснащается более сложной и продвинутой системой полного привода, обозначаемой производителем как Super 4WD. В отличие от простых систем с электромагнитной муфтой, данная система предназначена для обеспечения высокой проходимости в тяжелых дорожных условиях [6-7].

В системе Super 4WD используется электрогидравлическая муфта предварительного натяга (Electro-HydraulicCoupling). Ее ключевое преимущество – возможность жесткой блокировки (до 100% передаваемого крутящего момента) и более высокая надежность при длительных нагрузках по сравнению с электромагнитными аналогами.

Основные компоненты муфты:

1. Пакет фрикционных дисков: Набор стальных и фрикционных дисков, находящихся в масляной ванне. Одна группа дисков соединена с входным валом (от раздаточной коробки), другая – с шестерней главной передачи редуктора заднего моста [8].

2. Электрогидравлический исполнительный механизм: Состоит из электрического насоса, гидравлического поршня и системы клапанов. По команде от блока управления насос создает давление в гидравлической системе, которое воздействует на поршень.

3. Поршень: Под действием давления масла сжимает пакет фрикционных дисков, обеспечивая передачу крутящего момента.

4. Блок управления (ECU): Получает данные от датчиков (скорости вращения колес, положения педали акселератора, угла поворота руля, режима от селектора) и управляет работой насоса и клапанов.

5. Сравнение с электромагнитной муфтой: Электромагнитная муфта (используемая, например, в NavalJolion) осуществляет подключение за счет созда-

ния электромагнитного поля, которое притягивает якорь, сжимающий диски. Такая муфта быстрее срабатывает, но менее пригодна для длительных пиковых нагрузок, так как может перегреваться. Электрогидравлическая система, хотя и несколько медленнее в реакции, обеспечивает большее усилие сжатия и лучше охлаждается за счет циркуляции масла, что делает ее предпочтительной для внедорожного применения [9-11].

Таблица – Сравнительные характеристики задних ведущих мостов автомобилей Haval

Параметр	Haval F7 (Неразрезной мост)	Haval Jolion (Подключаемый мост)	Haval Dargo (Подключаемый мост, 4WD)
Тип моста	Неразрезная балка	Подключаемый, с электромагнитной муфтой	Подключаемый, с электрогидравлической муфтой
Модель трансмиссии	—	HAVAL 4WD (NexTrac)	HAVAL 4WD (Super 4WD)
Передаточное число главной пары	3.73	4.25	3.89
Тип дифференциала	Симметричный, конический	Симметричный, конический	Симметричный, конический с возможностью принудительной блокировки (опция)
Алгоритм подключения	Постоянный задний привод	Автоматическое подключение при пробуксовке передних колес	Выбор режима водителем: 2WD, Auto, 4WD Lock
Макс. крутящий момент, передаваемый на мост, Н·м	Постоянно 100%	До 50% (подключается муфтой)	До 50% в Auto, до 100% фиксации в Lock (режим)
Влияние на расход топлива	Относительно стабильный	Незначительное увеличение в режиме 4WD	Увеличение в режимах Auto и Lock

Алгоритмы работы системы полного привода

Водитель может выбирать режимы работы системы с помощью селектора (кнопок или поворотного переключателя):

1. 2WD (Rear-Wheel Drive): Режим заднеприводного автомобиля. Муфта полностью разомкнута, крутящий момент на задний мост не передается. Это

обеспечивает максимальную топливную экономичность при движении по дорогам с твердым покрытием.

2. AWD (Auto): Автоматический режим полного привода. Блок управления постоянно анализирует дорожную ситуацию. При обнаружении пробуксовки передних колес муфта плавно подключается, передавая часть крутящего момента на задние колеса. Степень блокировки муфты варьируется от 0 до 100% в зависимости от условий (мокрый асфальт, гравий, снег).

3. 4WD Lock: Режим принудительной полной блокировки. Муфта переходит в полностью замкнутое состояние, жестко соединяя раздаточную коробку с редуктором заднего моста. Крутящий момент распределяется в соотношении 50:50 между осями. Данный режим предназначен для преодоления сложных участков бездорожья на малых скоростях [13-15]

Особенности редуктора заднего моста

Редуктор заднего моста Naval Dargo имеет классическую для внедорожников конструкцию, но рассчитан на высокие нагрузки.

1. Главная передача: Гипоидного типа, что обеспечивает высокую плавность хода и прочность за счет большего размера зубьев ведущей и ведомой шестерен по сравнению с цилиндрическими передачами (рис. 3).

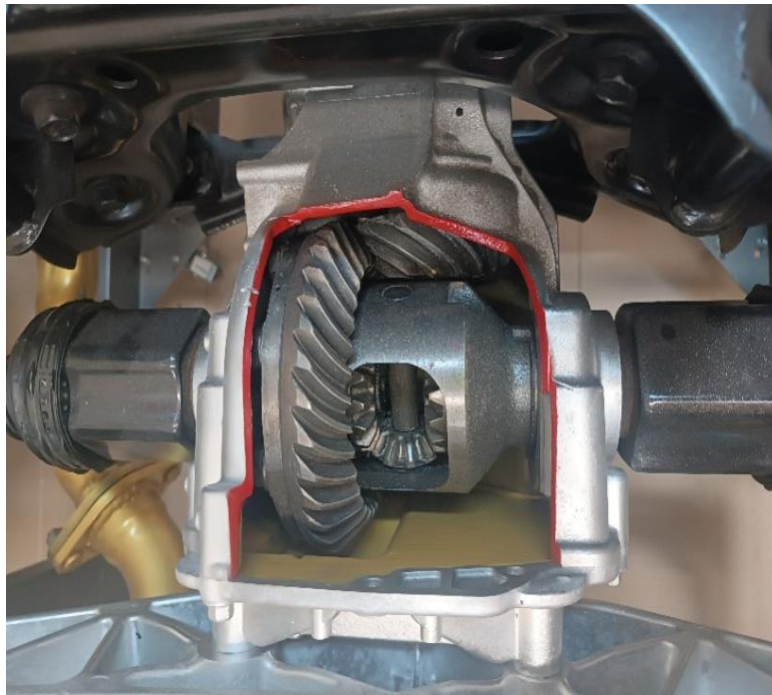


Рисунок 3 – Редуктор заднего моста Naval Dargo

2. Дифференциал: Симметричный конический дифференциал. В качестве опции для моделей, предназначенных для серьезного бездорожья, может предлагаться электронно-управляемая блокировка заднего дифференциала (рис. 3). При ее активации специальная муфта внутри дифференциала жестко блокирует полуоси, обеспечивая передачу крутящего момента на то колесо, которое имеет лучшее сцепление с дорогой. Это кардинально повышает проходимость [12].

Макет MTU Haval Dargo

Внедрение специализированных учебных макетов, таких как макет механической трансмиссионной установки (MTU) Haval Dargo, в учебный процесс учреждений среднего специального и высшего образования является не просто желательным, а объективно необходимым элементом современной инженерной подготовки. Это обусловлено комплексом взаимосвязанных педагогических, психофизиологических и профессиональных факторов. С целью углубленного изучения автомобилей модельного ряда Haval на кафедре автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г. Ф. Морозова выделена специализированная аудитория. Для наглядного изучения конструктивных особенностей автомобилей наиболее распространенного в России автомобиля Haval Dargo при технической поддержке завода «Haval Motor Manufacturing Rus» разработан макет моторно-трансмиссионной установка автомобиля Dargo (рис. 4).



Рисунок 4 – Макет моторно-трансмиссионной установки автомобиля Haval Dargo

Макет включает комплектный двигатель объемом 2 литра в разрезе с роботизированную семи ступенчатую коробку передач в разрезе, угловой редуктор соединённый с карданом, муфта блокировки, редуктор заднего моста, при-

водные валы, колеса, тормозные механизмы, подрамник, комплект рычагов и другие комплектующие [15-17].

Заключение

Проведенное исследование позволило систематизировать знания о конструктивном разнообразии и функциональных возможностях задних ведущих мостов, применяемых в автомобилях бренда Haval. Установлено, что выбор конкретной конструкции (неразрезной балки или подключаемого моста) напрямую коррелирует с позиционированием модели и целевыми потребительскими качествами. Были выявлены ключевые инженерные решения, такие как применение гипоидных передач и многорежимных муфт с электронным управлением, определяющих высокие эксплуатационные характеристики данных транспортных средств.

Список литературы

1. Автомобили Haval: техническое руководство по устройству и ремонту. – М.: Издательский дом «За рулем», 2023. – 320 с.
2. Гришкевич А.Н. Теория и конструкция автомобиля: учебник для вузов. – М.: Машиностроение, 2020. – 512 с.
3. Патент РФ № 1234567. Муфта подключения ведущего моста транспортного средства / Иванов И.И., Петров П.П. – Опубл. 2022.
4. Официальный сайт Haval Motor в России. – URL: <https://www.haval-motor.ru/> (дата обращения: 01.10.2025).
5. Скоробогатов Ю.А. Современные трансмиссии полноприводных автомобилей. – СПб.: Политехника, 2021. – 288 с.
6. Оценка системы подготовки инженерно-технических кадров: материалы комплексного исследования потребностей крупнейших региональных работодателей. Под общ.ред. Банниковой Л.Н. – Екатеринбург: УрФУ, 2016. ООО «Издательский Дом «Ажур» 2016. – 272 с.
7. Иванчина, А. А. Анализ роста продаж китайских автомобильных брендов в России за период 2019-2020 гг / А. А. Иванчина // Научные исследования экономического факультета. Электронный журнал. – 2021. – Т. 13, № 4(42). – С. 64-80.
8. Bosch Automotive Handbook. – 10th ed. – Germany: Robert Bosch GmbH, 2018. – 1456 p.
9. Heisler, H. Advanced Vehicle Technology / H. Heisler. – 2nd ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. – 696 p.
10. Reimpell, J. The Automotive Chassis: Engineering Principles / J. Reimpell, H. Stoll, J. Betzler. – 2nd ed. – Warrendale, PA: SAE International, 2001. – 456 p.
11. Wong, J.Y. Theory of Ground Vehicles / J.Y. Wong. – 5th ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2022. – 608 p.
12. Naunheimer, H. Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application / H. Naunheimer, B. Bertsche, J. Ryborz. – 2nd ed. – Berlin: Springer-Verlag, 2011. – 725 p.
13. Fischer, R. Automotive Chassis Engineering / R. Fischer, H. G. Könecke. – Warrendale, PA: SAE International, 2014. – 320 p.

14. Gillespie, T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics / T.D. Gillespie. – Warrendale, PA: SAE International, 1992. – 495 p.
15. Fijalkowski, B.T. Automotive Mechatronics: Operational and Practical Issues / B.T. Fijalkowski. – Dordrecht: Springer, 2011. – 1020 p.
16. Dongfeng Motor Corporation. Technical Training Manual: SUV Chassis and Driveline Systems. – Wuhan, China: Dongfeng Press, 2021. – 288 p.
17. SAE International. Journal of Passenger Vehicles - Mechanical Systems: Volume 14, Issue 2. – Warrendale, PA: SAE International, 2021. – 150 p.

References

1. Haval Automobiles: Technical Manual for Design and Repair. Moscow: Za Rulem Publishing House, 2023. 320 p.
2. Grishkevich, A.N. Automobile Theory and Design: A Textbook for Universities. Moscow: Mashinostroenie, 2020. 512 p.
3. Russian Federation Patent No. 1234567. Vehicle Drive Axle Coupling / Ivanov, I.I., Petrov, P.P. – Published 2022.
4. Haval Motor's Official Website in Russia. – URL: <https://www.haval-motor.ru/> (Accessed: October 1, 2025).
5. Skorobogatov, Yu.A. Modern All-Wheel Drive Transmissions. St. Petersburg: Polytechnic, 2021. 288 p.
6. Evaluation of the training system for engineering and technical personnel: materials from a comprehensive study of the needs of the largest regional employers. Edited by L.N. Bannikova. – Ekaterinburg: UrFU, 2016. OOO "Izdatelskiy Dom "Azhar" 2016. – 272 p. .
7. Ivanchina, A. A. Analysis of sales growth of Chinese automobile brands in Russia for the period 2019-2020 / A. A. Ivanchina // Scientific research of the Faculty of Economics. Electronic journal. – 2021. – Vol. 13, No. 4(42). – P. 64-80.
8. Bosch Automotive Handbook. – 10th ed. – Germany: Robert Bosch GmbH, 2018. – 1456 p.
9. Heisler, H. Advanced Vehicle Technology / H. Heisler. – 2nd ed. – Oxford: Butterworth-Heinemann, 2002. – 696 p.
10. Reimpell, J. The Automotive Chassis: Engineering Principles / J. Reimpell, H. Stoll, J. Betzler. – 2nd ed. – Warrendale, PA: SAE International, 2001. – 456 p.
11. Wong, J.Y. Theory of Ground Vehicles / J.Y. Wong. – 5th ed. – Hoboken, NJ: John Wiley & Sons, 2022. – 608 p.
12. Naunheimer, H. Automotive Transmissions: Fundamentals, Selection, Design and Application / H. Naunheimer, B. Bertsche, J. Ryborz. – 2nd ed. – Berlin: Springer-Verlag, 2011. – 725 p.
13. Fischer, R. Automotive Chassis Engineering / R. Fischer, H. G. Könecke. – Warrendale, PA: SAE International, 2014. – 320 p.
14. Gillespie, T.D. Fundamentals of Vehicle Dynamics / T.D. Gillespie. – Warrendale, PA: SAE International, 1992. – 495 p.
15. Fijalkowski, B.T. Automotive Mechatronics: Operational and Practical Issues / B.T. Fijalkowski. – Dordrecht: Springer, 2011. – 1020 p.
16. Dongfeng Motor Corporation. Technical Training Manual: SUV Chassis and Driveline Systems. – Wuhan, China: Dongfeng Press, 2021. – 288 p.
17. SAE International. Journal of Passenger Vehicles - Mechanical Systems: Volume 14, Issue 2. – Warrendale, PA: SAE International, 2021. – 150 p.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_55-70
УДК 629.33.028

Мураткин С.Е.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Татаринцев В. Ю.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Muratkin S.E.

lecturer at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Tatarintsev V. Yu.

assistant of the department of automobiles and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Kolyadin P.A.

assistant at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor at the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ОЦЕНКА ВИБРОНАГРУЖЕННОСТИ ОСТОВА МИНИ-ТРАКТОРА УРАЛЕЦ-254

EVALUATION OF VIBRATION LOAD ON THE SKELETON OF THE URALETS-254 MINI TRACTOR

Аннотация. В статье описано влияние колебаний мини-трактора на его эксплуатационные свойства, приведены пути повышения плавности хода мини-тракторов и описан их тяговый класс. Были проведены эксперименты на снятие упругих характеристик шин Бел-186 и 6.50-16 R-1. В ходе лабораторно-дорожных испытаний на плавность хода мини-трактора Уралец-254 были получены результаты виброускорений над осью задних колёс при проезде через искусственные неровности высотой 70 мм. Относительное отклонение результатов, полученных теоретических и экспериментальных зависимостей не превышает 4-12 %.

Abstract. The article describes the effect of vibrations of a mini-tractor on its operational properties, provides ways to improve the smooth running of mini-tractors and describes their traction class. Experiments were conducted to remove the elastic characteristics of Bel-186 and 6.50-16 R-1 tires. During laboratory and road tests on the smoothness of the Uralets-254 mini tractor, the results of vibration acceleration over the rear wheel axle when passing through artificial bumps 70 mm high were obtained. The relative deviation of the results obtained from the theoretical and experimental dependences does not exceed 4-12%.

Ключевые слова: вибронагруженность, осто́в, оценка, плавность хода, жёсткость шин, мини-трактор, Уралец-254, упругие свойства, давление воздуха в шинах.

Keywords: vibration load, frame, evaluation, smooth running, tire stiffness, mini tractor, Uralets-254, elastic properties, tire air pressure.

Введение

Колебания мини-трактора влияют практически на все её основные эксплуатационные свойства (устойчивость, управляемость и плавность хода), а также на расход топлива. Движение мини-трактора в условиях резонансного режима колес может сопровождаться ослаблением вертикальной реакции дороги на них и даже их отрывом от дороги, что приводит к снижению устойчивости машины. Резонансные колебания кузова характеризуются значительными линейными и угловыми перемещениями самого кузова и полезной нагрузки машины (водитель, пассажиры, грузы и т.д.) Таким образом, проявляются неблагоприятные условия движения с точки зрения устойчивости и управляемости транспортного средства, а также плавности хода, определяющей уровень комфорта [1-3].

Поскольку известно, что шины влияют на демпфирование колебаний, то для улучшения плавности хода мобильного средства целесообразно использовать шины с возможно меньшей жесткостью. Поэтому для повышения плавности хода мини-трактора Уралец-254 применили шины сверхнизкого давления размерностью 900х500-16 модели ШАИНА-2 [4-10].

Расчетным путём, оценка плавности хода мини-трактора проводится при помощи математических моделей, однако для выполнения расчетов необходимо располагать экспериментальными данными параметров динамической системы, таких как жесткость шин и подвески, момент инерции колеса и осто́ва автомобиля и других. Однако, в настоящее время исследованиям по определению жесткости шин сверхнизкого давления уделено недостаточно внимания.

В связи с этим актуальной задачей является определение особенностей движения мобильных средств по различным опорным поверхностям с применением шин сверхнизкого давления.

Степень разработанности темы ограничена известными методами оценки плавности хода транспортных средств, а также методиками определения упругих характеристик шин.

Объектом исследования в настоящей работе является серийно выпускаемый мини-трактор Уралец-254. Предметом исследования являются закономер-

ности изменения вибронагруженности сидения водителя от различных параметров шин.

Целью работы является повышение плавности хода мобильного средства путём применения шин сверхнизкого давления.

Минитрактора (рис. 1) обладают мощностью двигателя 15-50 л.с. и могут быть использованы для решения широкого спектра задач: 1) обработка земельного участка; 2) покос травы; 3) перевозка грузов; 4) посадка сельскохозяйственных культур; 5) уборка дорожного полотна от снега. Их возможности, часто зависят от тягового класса.



а



б



в



г

Рисунок 1 – Мини-трактора различного назначения

а – мини-трактор TZ03-254; б – мини-трактор СКАУТ-Т18;
в – мини-трактор КЕНТАВР Т-48; г – мини-трактор КЕНТАВР Т-24

Тяговый класс трактора – это параметр, который характеризует мощность трактора и определяет его способность к выполнению тяжелых работ. Этот параметр зависит от массы самого трактора и массы нагружаемого прицепа. Определение тягового класса производится путем сравнения отношения массы прицепа к массе трактора с определенными значениями. Понятие номинального тягового класса, рассчитанное по ГОСТ 27021-86, является исчерпывающей, подробной характеристикой, показывающей не только эффективность силового

агрегата, но и насколько эффективна конструкция самой машины при имеющейся эксплуатационной массе.

Пути повышения плавности хода мини-тракторов представлены на рисунке 2.

Конструктивные особенности подвески определяют плавность хода только при определённых внешних условиях и режимах работы мини-трактора, таких как скорость движения, состояние дороги и характер неровностей [10-15].

Помимо упругого элемента подвески, на плавность хода также влияют упругие свойства шины. Поэтому целесообразно устанавливать шины с меньшей жёсткостью.

Жёсткость шины зависит от её конструкции, ширины профиля и давления воздуха в ней.



Рисунок 2 – Пути повышения плавности хода мини-тракторов

Шины для мини-тракторов классифицируются по четырём основным параметрам: типу протектора, условиям эксплуатации, конструкции и оси, для которой они предназначены.

Колёса мини-тракторов испытывают значительные нагрузки, поэтому особое внимание уделяется их износостойкости и прочности. Качественные и правильно подобранные шины обеспечивают высокий уровень безопасности для участников дорожного движения, а также помогают снизить расход топлива и продлить срок службы элементов подвески.

Шины способны смягчать удары о неровности дороги благодаря своей конструкции. Они поглощают колебания при деформации и сглаживают толчки от небольших шероховатостей и выступов.

Поэтому неровности, длина которых меньше зоны контакта шины с дорогой, а высота меньше её статического прогиба, практически не влияют на колебания автомобиля.

Для мини-трактора были выбраны шины сверхнизкого давления. Они имеют увеличенный внутренний объём и предназначены для эксплуатации при давлении воздуха от 0,2 до 0,6 МПа.

В отличие от обычных шин, эти шины более мягкие, так как состоят из меньшего количества слоёв корда. Боковые поверхности у них не такие толстые. Благодаря своей эластичности и способности к амортизации, они обеспечивают плавное движение на неровной поверхности.

Глубокий рисунок и значительная ширина протектора обеспечивают надёжное сцепление с любой поверхностью. Увеличенный диаметр шин также способствует увеличению дорожного просвета трактора.

Ещё одним преимуществом таких шин является их меньшее разрушительное воздействие на окружающую среду.

Объектом исследований является мини-трактор Уралец-254, оборудованный базовыми шинами Бел-186 и 6.50-16 R-1, общий вид которого представлен на рисунке 3, а основные технические характеристики объекта исследований представлены в таблице 1.



Рисунок 3 – Общий вид объекта исследований

Полноприводный мини-трактор Уралец-254, отличается специфическими усовершенствованиями: усиленная рама, модернизированная система холодного запуска, улучшенная защита электрооборудования. Мини-трактор оснащен

3-х цилиндровым дизельным двигателем КМ-385ВТ. Большие мощность и тяговое усилие на крюке позволяют использовать с мини-трактором различные навесные оборудования. Уралец-254 предназначен для обработки и культивации почвы, уборки, хранения и последующей переработки агрокультур, а также для коммунальных и строительных работ. Благодаря доступной агрегации с множеством дополнительных приспособлений, он становится незаменимым помощником и пользуется большим спросом в аграрном секторе, фермерских хозяйствах, коммунальной сфере и строительстве.

Во время выполнения сельскохозяйственных работ и операций в ранний весенний период рекомендуется применять шины низкого и сверхнизкого давления [31-33].

Таблица 1 – Основные технические характеристики объекта исследований

Показатель	Значение
Двигатель	
Тип двигателя	Дизельный
Мощность (л.с/ об. мин)	25/2350
Крутящий момент (Нм / об.мин)	82,3/1762
Удельный расход топлива (г/кВт час)	248
Трансмиссия	
Колесная формула / ведущие колеса	4К4
Коробка передач	Механическая
Число передач	8
Вал отбора мощности	Зависимый, двухскоростной
Частота вращения ВОМ (об/мин)	540/1000
Рулевое управление	
Тип РУ	Гидрообъемный
Производительность насоса ГУР	6 л/мин
Марка исполнительного ГЦ	Т-40М1-3429010
Габаритные размеры	
Длина	2850 мм
Ширина	1380 мм
Высота (с кабиной/ без кабины)	2320/1950 мм
Колея передних/задних колес	1060-1160/1080-1380 мм
База	1650 мм
Снаряженная масса (с кабиной/ без кабины)	1340/1550 кг
Заднее навесное устройство	
Тип	Трёхточечное с ГУ НУ-1Н
Грузоподъемность рычагов	400
Эксплуатационные характеристики	
Грузоподъемность	750 кг
Диапазон рабочих скоростей	5-30 км/ч
Размер шин (передних/задних)	6.50-16 R-1/11.2 R-24Бел-186
Максимальное тяговое усилие	5,0 кН

Данная техника перед испытаниями имела пробег обкатки менее 1000 км и шины без повреждений с минимальным износом рисунка протектора шин [30-36].

Технические характеристики шин представлены в таблице 2.



Рисунок 4 – Испытания шин на тангенциальную деформацию
а – Шина Бел-186; *б* – Шина 6.50-16 R-1

Таблица 2 – Технические характеристики шин

№ п/п	Наименование	Размерность	Шина	
			Бел-186	6.50-16 R-1
1	Исполнение	-	ТТ, TL	ТТ, TL
2	Тип рисунка	-	повышенной проходимости	повышенной проходимости
3	Обод (рекомендуемый)	-	W10	4,5E
4	Обод (допускаемый)	-	W9	4,5E
5	Наружный диаметр	мм	1095	760
6	Ширина профиля	мм	284	175
7	Статистический радиус	-	501	360
8	Индекс несущей способности	-	114	91
9	Максимальная нагрузка	кг	1180	615
11	Максимальная скорость	км/ч	40	30
11	Глубина рисунка протектора шины	мм	35	20
12	Давление в шине	кПа	160	310

В рамках экспериментальных исследований плавности хода мобильного средства мини-трактора Уралец-254 ключевым этапом стало проведение лабораторно-дорожных испытаний (рис. 5). Эти испытания осуществлялись на специально сконструированных искусственных неровностях, которые обеспечивали стабильность параметров и профиля неровностей, а также позволяли проводить сравнительные и повторные тестирования. Для этого выбирались неровности, характерные для типичных эксплуатационных условий, таких как грунтовые и проселочные дороги, пахота и стерня, а также глубокие канавы и рытвины.



Рисунок 5 – Мини-трактор Уралец-254 перед началом испытаний на плавность хода

Для моделирования эксплуатационных условий были использованы искусственные неровности, соответствующие следующим параметрам: высота 70 мм и ширина 650 мм. Выбор данных размеров обусловлен тем, что естественные неровности, с которыми мини-трактор сталкивается в процессе эксплуатации, имеют преимущественно плавные очертания. Профиль искусственных неровностей был принят в виде трапеции, что соответствует требованиям ГОСТ Р 52605-2006. Эти неровности также применялись для оценки объективности математической модели мини-трактора и сравнительного анализа вертикальных ускорений, испытываемых оператором на сидении при использовании базовой шины и шины сверхнизкого давления.

В процессе выполнения технологических операций мини-трактор сталкивается с различными препятствиями, включая единичные неровности с малой длиной основания и большой высотой. Параметры искусственных неровностей были выбраны с учетом реальных условий эксплуатации: высота неровностей на разбитых дорогах может достигать 0,2 м, а высота гребней вспаханного поля варьируется в пределах от 0,07 до 0,15 м. В связи с этим высота неровностей была установлена на уровне 70 мм.

Низкочастотные колебания мини-трактора, характерные для движения поперек направления уборки или вспаханного поля, требуют учета длины неровностей. На основании анализа эксплуатационных условий длина неровностей была принята равной 0,7 м. Искусственные неровности размещались на ровной горизонтальной дороге с твердым покрытием (рис. 6 и рис. 7).



Рисунок 6 – Установка и размещение искусственных неровностей высотой 70 мм перед передней осью мини-трактора



Рисунок 7 – Установка и размещение искусственных неровностей высотой 70 мм перед задней осью мини-трактора

Опыты проводились на различных скоростях движения, верхний предел скорости выбирался из условий безопасности движения. Испытания минитрактора проводили при порожнем состоянии.

Перед началом испытаний давление воздуха в шинах регулировалось с учетом оптимальной относительной деформации для шин мостового агрегата, что позволило обеспечить соблюдение разработанных ранее рекомендаций. В частности, при установке базовых шин Бел-186 и 6.50-16 R-1 были соблюдены следующие эксплуатационные параметры давления: 0,24 МПа, 0,20 МПа, 0,16 МПа, 0,12 МПа и 0,08 МПа. Для предлагаемой к установке шины сверхнизкого давления был определен диапазон давлений, включающий значения, обеспечивающие оптимальную работу системы при различных режимах эксплуатации.

Техническое обслуживание проводилось в строгом соответствии с требованиями ГОСТ 12.2.002-2006. Были проведены проверки уровня масла в двигателе, коробке передач, ведущем мосте и баке гидравлической системы, что является критически важным для обеспечения надежности и долговечности оборудования.

Регистрация колебаний на сидении оператора осуществлялась с использованием анализатора вибрации АССИСТЕНТ (рис. 8) модификация SIU 30 V3RT, зав. № 01B012 в сочетании с вибропреобразователем AP 2038 (зав. № 0424). Перед началом измерений прибор был предварительно откалиброван, поверен, полностью заряжен и разогрет до рабочей температуры, что обеспечило точность и достоверность полученных данных.

Замеры колебаний проводились для двух условий движения при указанных рабочих скоростях на широкопрофильных шинах сверхнизкого давления. Диапазон рабочих скоростей включал следующие значения: 2L (3 км/ч), 4L (6 км/ч), 1H (9 км/ч), 2H (13 км/ч) и 3H (20 км/ч), что позволило провести всестороннюю оценку динамических характеристик системы.

Плавность хода оценивалась посредством анализа низкочастотных колебаний в диапазоне от 1,0 Гц до 16 Гц, хотя технические возможности аппаратуры позволяют проводить более широкий спектральный анализ виброускорений. Обработка полученных данных, зафиксированных приборами низкочастотных колебаний, осуществлялась с применением программного обеспечения Microsoft Excel [15-20].



Рисунок 8 – Анализатор вибрации АССИСТЕНТ (модификация SIU 30 V3RT)

Подготовка к испытаниям и реализация экспериментальных заездов включали следующие этапы:

- 1) Проверка давления в шинах и состояния элементов подвески;
- 2) Оценка распределения нагрузки, передаваемой через шины мини-трактора на дорожное покрытие в снаряженном состоянии и при частичной загрузке, состоящей из оператора и измерительной аппаратуры;
- 3) Прогрев агрегатов и шин путем пробега по асфальтобетонной дороге на эксплуатационных скоростях общей протяженностью не менее 10 км;
- 4) Проверка работоспособности системы сбора данных и датчиков перед каждым заездом на остановленном автомобиле, балансировка сигналов, контроль тарировки датчиков и надежности их крепления на рабочем месте оператора автоматизированной передвижной платформы (АПП);
- 5) Проведение тестовых заездов при движении мини-трактора в одном направлении по идентичной полосе движения для каждого типа шин и при наличии единичных неровностей на испытательном участке;
- 6) Начало регистрации сигнала оператором только после достижения заданной скорости мини-электротранспортным средством (МЭС) и завершение замеров до начала снижения скорости или съезда с испытательного участка.

Лабораторно-полевые испытания проводились в условиях отсутствия осадков и при стабильной температуре окружающей среды в диапазоне 10–15

°С. Эти параметры были выбраны для обеспечения нормального функционирования агрегатов подвески автомобиля и измерительной аппаратуры (рис.9), что позволило минимизировать влияние внешних факторов на точность результатов. Испытания были организованы в две серии, каждая из которых проводилась в максимально схожих условиях.



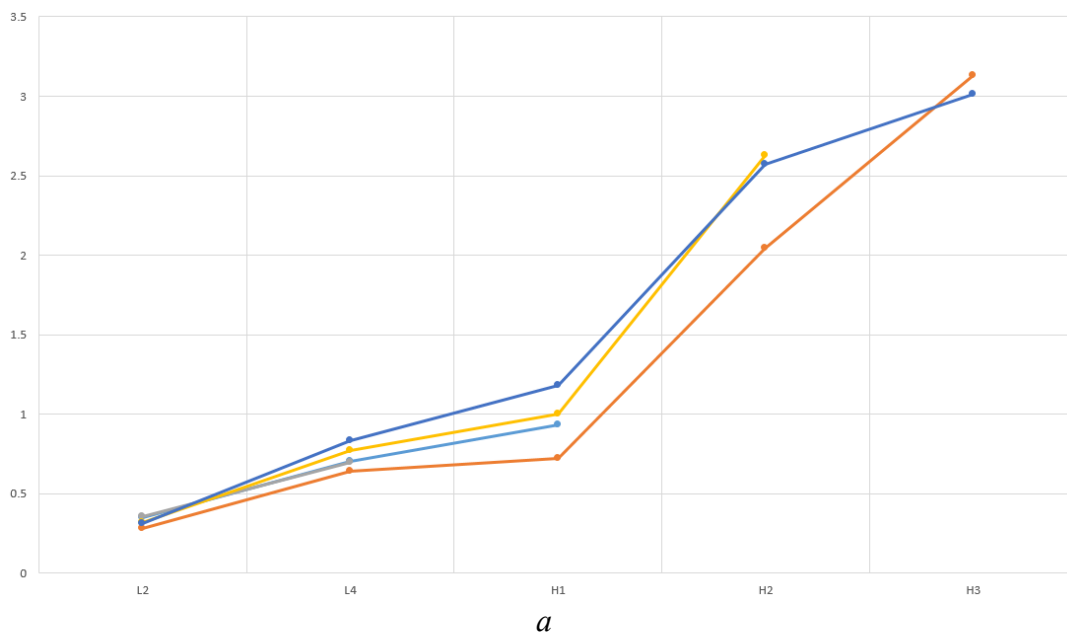
Рисунок 9 – Размещение установочного диска с интегрированным датчиком виброускорений на сиденье оператора

В рамках первой серии экспериментальных исследований был протестирован мини-трактор Уралец-254 с использованием базовых шин. Объектом испытаний являлись единичные неровности высотой 0,7 м. Вторая серия исследований включала аналогичные испытания того же мини-трактора, но с осуществлением замены стандартных шин на шины сверхнизкого давления.

Эти данные позволяют провести сравнительный анализ характеристик подвески при различных типах шин, что является важным аспектом для оптимизации эксплуатационных показателей сельскохозяйственной техники в условиях неровного рельефа.

При повышении скорости движения спектры ускорений становятся более пологими и имеют тенденцию к увеличению в сторону высоких частот (рис. 10). Установлено, что с увеличением скорости движения с 5 км/ч до 30 км/ч максимальные значения амплитуд колебаний возрастают в 3.1 раза. Расхождение расчетных значений среднеквадратических ускорений, представленных в математической модели и экспериментальных данных, полученных при лабораторно-дорожных испытаниях составляют всего лишь 4-12%. Уровень колеба-

ний на сиденье не превышает нормативных значений ГОСТ и границы комфортной езды (0,25g).



Передача	L2	L4	H1	H2	H3
Давление					
80кПа	0.35006	0.70303	0.93162		
120кПа	0.27925	0.64299	0.72209	2.04247	3.12833
160кПа	0.35465	0.69877			
200кПа	0.31594	0.7711	1.00315	2.62625	
240кПа	0.3141	0.83105	1.18317	2.57479	3.01371

б

Рисунок 10 – Расчетно-экспериментальные значения среднеквадратических ускорений над осью задних колёс мини-трактора

а – график зависимости; б – таблица данных

Выводы

1. Был произведен анализ объекта исследований и нововведений в производимой модернизации. Помимо этого, были даны характеристики объекта исследований и его заводских шин.

2. В ходе лабораторно-дорожных испытаний на плавность хода мини-трактора Уралец-254 были получены результаты виброускорений над осью задних колёс при проезде через искусственные неровности

3. Относительное отклонение результатов, полученных теоретических и экспериментальных зависимостей не превышает 4-12 %.

Список литературы

1. Мазур В.В. Повышение плавности хода автотранспортных средств внутренним подпрессориванием колес. Москва. 2004. С.18-22.
2. Руктешель О.С. Плавность хода автомобиля. Минск. БНТУ, 2021. С. 61.
3. Кручинин П.А. Исследование колебаний человека при спокойном стоянии. Москва: МГУ имени М.В. Ломоносова, 2018. С.21-23.
4. Лукьянчук А.Д. Безопасность транспортных средств. Минск. БНТУ, 2012. С. 88-90.
5. Ряполов В.А., Чешуина Т.Г. Формообразование в конструкциях средств малой механизации// Теория и практика современной аграрной науки: сборник III национальной (всероссийской) научной конференции с международным участием. Новосибирский государственный аграрный университет. 2020. С. 86-89.
6. Захаров Н.Е. Увеличение проходимости мотоблока с помощью комбинированного колеса// Научные труды студентов Ижевской ГСХА. Ижевск, 2020. С. 1309-1315.
7. Оболенский В.А., Маков П.В., Спицын А. В. К вопросу повышения плавности хода подвижного состава специального назначения// Инновационные технологии в электронике и приборостроении: сборник докладов Российской научно-технической конференции с международным участием. Москва, 2021. С. 283-286.
8. Максимов Е.А., Устиновский Е.П. Исследование радиальной жесткости и демпфирующих свойств шины трактора при ударных нагрузках// Вестник НГИЭИ. 2020. № 4 (107). С. 16-23.
9. Блажинский В.Р. Разработка и реализация метода определения зависимостей радиальной жесткости автомобильных шин// XXIV Региональная конференция молодых учёных и исследователей Волгоградской области. Сборник материалов конференции. 2020. С. 148.
10. Балакина Е.В., Кочетов М.В., Сарбаев Д.С. Проектный расчет боковой жесткости шины при наклоне плоскости вращения колеса// Машиностроение: сетевой электронный научный журнал. 2023. Т. 10. № 3. С. 39-43.
11. Севрюгина Н.С., Савлук А.И., Манжула А.В. Способы повышения плавности хода автомобилей, эксплуатируемых в различных дорожных условиях. // Инновационные материалы, технологии и оборудование для строительства современных транспортных сооружений. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. 2013. С. 231-235.
12. Годжаев З.А., Прядкин В.И., Артёмов А.В., Колядин П.А. Оценка влияния параметров шин на управляемость автомобиля // Автомобильная промышленность. 2022. № 6. С. 16-21.
13. Тарновский В.Н., Гудков В.А., Третьяков О.Б. // Автомобильные шины: Устройство, работа, эксплуатация, ремонт. Транспорт, 1990. 272 с.
14. Агейкин Я.С., Вольская Н.С. Моделирование движения автомобиля по мягким грунтам: проблемы и решения // Автомобильная промышленность. 2004. № 10. С. 24–25.
15. Liqiang Jin, Xianglong Peng, Jia Liu, Qixiang Zhang, Jianhua Li, Ligang Li. Robust algorithm of indirect tyre pressure monitoring system based on tyre torsional resonance frequency analysis. Zhejiang Asia-Pacific Mechanical & Electronic Co., Ltd. Hangzhou 311203, China, Received 19 February 2022.
16. Tan Li. Tire and vehicle handling dynamics. Maxxis Technology Center, Maxxis International—USA, Suwanee, GA, United States. Available online 8 February 2023.
17. Kyriakos Grigoriadis, Georgios Mavros, James Knowles, AntoniosPezouvanis. Experimental investigation of tyre–road friction considering topographical roughness variation and flash temperature. Loughborough University, Department of Aeronautical and Automotive Engineering, Epinal Way, Loughborough, LE11 3TU, Leicestershire, United Kingdom, Received 26 August 2022.

18. Brendan Rodgers, Walter Waddell. Tire Engineering // The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition). 2013. P. 653-695.
19. Jarosław Pytka, Jarosław Dąbrowski, Maciej Zajac, Piotr Tarkowski Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state // Journal of Terramechanics, Volume 43, Issue 4, October 2006, Pages 469-485.
20. Мураткин С. Е., Колядин П. А., Татаринцев В. Ю. [и др.] / Повышение плавности хода мини-трактора Уралец-254 // Перспективные направления развития автомобильной отрасли и подготовка кадров : Материалы Всероссийской научной конференции, Воронеж, 16 октября 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2024. – С. 79-88. – DOI 10.58168/AuInPT2024_79-88. – EDN YYMUPD.

References

1. Mazur V.V. Improving the smooth running of motor vehicles by internal wheel springing. Moscow. 2004.pp.18-22.
- 2.Rukteshel O.S. Smooth running of the car. Minsk. BNTU, 2021. P. 61.
- 3.Kruchinin P.A. Investigation of human vibrations when standing still. Moscow: Lomonosov Moscow State University, 2018. pp.21-23.
- 4.Lukyanchuk A.D. Vehicle safety. Minsk: BNTU, 2012. pp. 88-90.
5. Ryapolov V.A., Cheshuina T.G. Shaping in the structures of small-scale mechanization // Theory and practice of modern agricultural science. Collection of the III national (All-Russian) scientific conference with international participation. Novosibirsk State Agrarian University. 2020. pp. 86-89.
6. Zakharov N.E. Increasing the cross-country ability of the tillerblock using a combined wheel //Scientific works of students ofIzhevsk State Agricultural Academy. Izhevsk, 2020. pp. 1309-1315.
7. Obolensky V.A., Makov P.V., Spitsyn A.V. On the issue of improving the smooth running of special-purpose rolling stock//Innovative technologies in electronics and instrumentation: collection of reports of the Russian Scientific and Technical Conference with international participation. Moscow, 2021. pp. 283-286.
8. Maksimov E.A., Ustinovsky E.P. Investigation of radial stiffness and damping properties of tractor tires under shock loads // Bulletin of the NGIEL. 2020. No. 4 (107). pp. 16-23. 9.
- 9.Blazhinsky V.R. Development and implementation of a method for determining the dependencies of radial stiffness of automobile tires // XXIV Regional Conference of young scientists and researchers of the Volgograd region: collection of conference materials. 2020. P. 148.
10. Balakina E.V., Kochetov M.V., Sarbaev D.S. Design calculation of the lateral stiffness of the tire when the plane of rotation of the wheel is tilted // Mechanical engineering: online electronic scientific journal. 2023. Vol. 10. No. 3. pp. 39-43.
11. Sevryugina N.S., Savluk A.I., Manzhula A.V. Ways to improve the smooth running of vehicles operated in various road conditions // Innovative materials, technologies and equipment for the construction of modern transport facilities. Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. 2013. pp. 231-235.
12. Gojaev Z.A., Pryadkin V.I., Artyomov A.V., Kolyadin P.A. Evaluation of the influence of tire parameters on car handling // Automotive Industry. 2022. No. 6. pp. 16-21.
13. Tarnovsky V.N., Gudkov V.A., Tretyakov O.B. Automobile tires: Device, work, operation, repair. Transport, 1990. 272 p.
14. Ageikin Ya.S., Volskaya N.S. Modeling of car movement on soft soils: problems and solutions // Automotive industry. 2004. No. 10. pp. 24-25.
15. Liqiang Jin, Xianglong Peng, Jia Liu, Qixiang Zhang, Jianhua Li, Ligang Li. Robust algorithm of indirect tyre pressure monitoring system based on tyre torsional resonance frequency

analysis. Zhejiang Asia-Pacific Mechanical & Electronic Co., Ltd. Hangzhou 311203, China, Received 19 February 2022.

16. Tan Li. Tire and vehicle handling dynamics. Maxxis Technology Center, Maxxis International—USA, Suwanee, GA, United States. Available online 8 February 2023.

17. Kyriakos Grigoriadis, Georgios Mavros, James Knowles, Antonios Pezouvanis. Experimental investigation of tyre–road friction considering topographical roughness variation and flash temperature. Loughborough University, Department of Aeronautical and Automotive Engineering, Epinal Way, Loughborough, LE11 3TU, Leicestershire, United Kingdom, Received 26 August 2022.

18. Brendan Rodgers, Walter Waddell. Tire Engineering // The Science and Technology of Rubber (Fourth Edition). 2013. P. 653-695.

19. Jarosław Pytka, Jarosław Dąbrowski, Maciej Zajac, Piotr Tarkowski Effects of reduced inflation pressure and vehicle loading on off-road traction and soil stress and deformation state // Journal of Terramechanics, Volume 43, Issue 4, October 2006, Pages 469-485.

20. Muratkin S.E., Kolyadin P. A., Tatarintsev V. Yu. [et al.] / Improving the smooth running of the Uralets-254 mini tractor // Promising directions for the development of the automotive industry and personnel training : Proceedings of the All-Russian Scientific Conference, Voronezh, October 16, 2024. Voronezh: Voronezh State Forestry Engineering University named after G.F. Morozov, 2024. pp. 79-88. – DOI 10.58168/AuInPT2024_79-88. – EDN YYMUPD.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_71-80
УДК 629.11.012

Онищенко Д.О.

доктор техн. наук, профессор
кафедры поршневые двигатели
Московского государственного
технического университета
имени Н.Э. Баумана, РФ

Ложкин Н.С.

инженер кафедры поршневые двигатели
Московского государственного
технического университета
имени Н.Э. Баумана, РФ

Счастливцев А.Б.

старший научный сотрудник кафедры
поршневые двигатели
Московского государственного
технического университета
имени Н.Э. Баумана, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор
кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г. Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Школьных А.В.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Onishchenko D.O.

Doctor of technical sciences,
professor of the Department of Piston Engines
Bauman Moscow State Technical University,
Russian Federation.

Lozhkin N.S.

Engineer of the department of piston engines
Bauman Moscow State Technical University,
Russian Federation

Schastlivtsev A.B.

Senior Research Associatedepartment of piston
engines Bauman Moscow State Technical
University, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of technical sciences, professor,
department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the department of cars and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Shkolnykh A.V.

assistant of the department of automobiles and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

МОБИЛЬНЫЕ СРЕДСТВА СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ: МИРОВОЙ ОПЫТ, ТЕНДЕНЦИИ В СОЗДАНИИ

MOBILE MEANS OF SPECIAL PURPOSE: WORLD EXPERIENCE, TRENDS IN CREATION

Аннотация.Статья посвящена рассмотрению актуальных тенденций в области создания мобильных средств специального назначения. На основе анализа мирового опыта выявлены общие конструктивные особенности данного класса техники: применение облегченных материалов, унификация агрегатов и специфические решения для обеспечения высокой проходимости. Приведено описание разработки и испытаний отечественного мобильного сред-

ства среднего класса «Мангуст». В заключении приведено обоснование необходимости дальнейшего развития семейства машин на платформе «Мангуст» и активизации работ в студенческих конструкторских бюро.

Abstract. This article examines current trends in the development of special-purpose mobile vehicles. The analysis of global experience reveals common design features of this equipment class, such as the use of lightweight materials, unit unification, and specific solutions for achieving high off-road capability. The development and testing of the domestic medium-class mobile vehicle "Mongoose" are described. In conclusion, the necessity of further developing a family of vehicles based on the "Mongoose" platform and intensifying work in student engineering design bureaus is substantiated.

Ключевые слова: легкое транспортное средство, проходимость, бездорожье, подвеска, рулевое управление, полный привод.

Keywords: light vehicle, off-road capability, off-road terrain, suspension, steering, all-wheel drive.

Введение

Мировой опыт ведения боевых действий последних двух десятилетий демонстрирует, что вооруженные силы ведущих стран мира активно разрабатывают и внедряют легкие мобильные транспортные средства (МТС) специального назначения нового поколения. Эти средства позволяют существенно повысить мобильность и подвижность штурмовых и разведывательных подразделений во время выполнения боевых задач [1].

К классу легких МТС относятся полноприводные средства с колесной формулой 4К4 грузоподъемностью 0,4 - 1,25 т. Легкие МТС предназначены в основном для эксплуатации по бездорожью. Эти средства максимально легки, имеют высокую проходимость, просты в эксплуатации, надежны. Их создают из оригинальных узлов на базе агрегатов легковых полноприводных автомобилей. Колесная формула большинства таких автомобилей 4К4, реже 6К6 и 8К8 [2].

Легкие полноприводные МТС, как за рубежом, так и в России, стали создавать на элементной базе легковых автомобилей малого и среднего классов. Общая компоновка и конструкция несущей системы этих МТС максимально упрощена. Для них характерны металлический или пластмассовый открытый кузов, на днище которого расположены сиденья. В случае рамной конструкции кузовов так же открытый. Такое решение продиктовано требованиями снижения массы. Повышение проходимости достигается благодаря относительно большому дорожному просвету и установке широкопрофильных и арочных шин с низким давлением воздуха. В результате эти МТС уверенно преодолевают тяжелые участки местности [3].

Благодаря малой массе удельная мощность легких МТС является достаточно высокой и находится в диапазоне 11-20 кВт/т. В целях снижения массы, упро-

щения конструкции и улучшения управления применяют кузов из алюминиевых сплавов, из стеклопластика, армированного металлическими кронштейнами [4-6].

Первыми легкими МТС с кузовом типа багги являются американские машины «Flyer», «PolarisDagor», израильская машина «Zibar» и другие модели, представленные на рисунках 1-2 [7].

Парк МТС данного класса весьма обширен. Однако, несмотря на значительное различие их характеристик, в конструктивном отношении они во многом однотипны. Как правило, все имеют несущий кузов или раму с передним расположением двигателя. Раздача мощности осуществляется через раздаточную коробку с межосевым дифференциалом к неразрезным ведущим мостам, Привод к ведущим колесам передается через одноступенчатую главную передачу через симметричный дифференциал [5].



DPV -Desert Patrol Vehicle (США)



Polaris MRZR Alpha 2 (США)



Polaris MRZR Alpha 4 (США)



Polaris MRZR 2 (США)



BRP TRAXTER X MR HD10 (США)



BRP Maverickmax (Канада)

Рисунок 1 – Зарубежные легкие МТС с кузовом типа багги



Tomcar TM4 (Израиль - США)



BRP RPAMS C2 (Канада)



Tomcar TX4 (Израиль – США)



Tomcar TE (Израиль – США)



PolarisDagor (США)



GM Defence GMD ISV (США)



RheinmetallCaracal (Германия)



GeneralDynamicsFlyer 72 (США)

Рисунок 2 – Зарубежные легкими МТС с кузовом типа багги

Тормозные механизмы МТС – барабанные или дисковые с гидравлическим приводом, стояночная тормозная система трансмиссионная. Для буксирования прицепа эти средства оборудуют тягово-сцепным устройством.

При разработке конструкций легких МТС достаточно полно реализуется принцип создания унифицированного семейства с использованием базовых агрегатов – это двигатель, коробка передач, раздаточная коробка, мосты, колеса, руле-

вое и тормозное управление. Степень унификации внутри семейства вследствие использования единых основных агрегатов достаточно высокая.

Параллельно с открытыми каркасными конструкциями, изготовленными из сваренных труб различного сечения и диаметров, широкое распространение получили МТС с цельнометаллическим кузовом, обеспечивающим лучшую защиту экипажа и груза от воздействия окружающей среды. Примеры зарубежных машин данного типа представлены на рисунке 3 [8].



Zibar MK2 (Израиль)



Hammer H1 (США)

Рисунок 3 – Зарубежные МТС с цельнометаллическим кузовом

В отечественной практике также разрабатывались и продолжают развиваться оба направления: легкие каркасные машины (рис. 4-5) и техника с закрытым кузовом (рис. 6) [8-9].



Багги "УРА" (АвтоВАЗ)



Алабай 2 (ООО "Ф-моторСпорт")



Алабай 5 (ООО "Ф-моторСпорт")



Чаборз М3 (ООО "Чаборз")

Рисунок 4 – Отечественные легкие МТС с кузовом типа багги



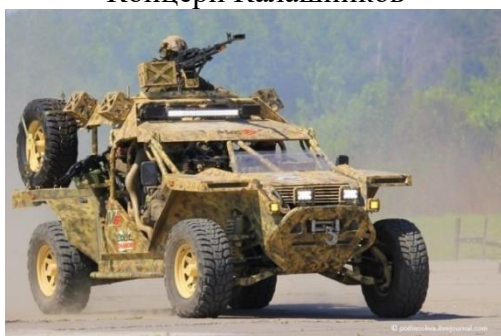
Чаборз М4 (ООО "Чаборз")



Ф-МС Волкодав
(ООО "Ф-моторСпорт")



Багги "Турист"
Концерн Калашников



Чаборз М6 (ООО "Чаборз")



Ф-МС Горный (ООО "Ф-моторСпорт")



ЛСТС-1943 «Сармат-2» (ОКБ "Техника")



Эскадрон 9903 (Интеграл РИФ)



ЛСТС-1944 «Сармат-3»(ОКБ "Техника")

Рисунок 5 – Отечественные легкие МТС с кузовом типа багги

В конструкторском бюро КБМ МГТУ им Баумана так же было разработано МТС среднего класса «Мангуст», внешний вид которого приведен на рисунке 7. техническая характеристика приведена в таблице 1.



Торос (Интеграл РИФ)



СБМ ВПК 233136 – Тигр (ВПК)



Улан



«Фарис» (НПК «Энергия»)

Рисунок 6 – Отечественные МТС с цельнометаллическим кузовом

МТС «Мангуст» предназначено для использования штурмовыми и разведывательными высокомобильными группами, в качестве санитарной машины для эвакуации раненных, доставки продовольствия передовым отрядам и для других целей [10].



Рисунок 7 – Мобильное транспортное средство Мангуст

Таблица – Техническая характеристика МТС «Мангуст»

Показатель	Значение показателя
Разработчик	МСИТК при участии студентов МГТУ им. Баумана
Тип машины	Вездеход среднего класса
Колесная формула	4x4
Двигатель	Cummins ISF2.8s4129P 88,3 кВт
Подвеска	независимая пружинная, оригинальной разработки, усиленная
Рама	пространственная, трубчатая
Снаряженная масса	1200-1500 кг
Грузоподъемность	500-800 кг
Вместимость	2-4 чел
Дорожный просвет	300 мм

Мобильное средство прошло заводские испытания, а также на полигоне в НИИ-21 МО в г. Бронницы. При проведении испытаний был выявлен ряд замечаний конструктивного характера и замечания по улучшению эксплуатационных качеств мобильного средства специального назначения [11]. Указанные замечания были устранены. В настоящее время идет подготовка конструкторской документации для передачи заводу. На первом этапе программа выпуска будет составлять 1000 машин в год.

Выводы

1. В настоящее время в ведущих странах мира ведутся поисковые опытно-конструкторские работы по разработке высококомобильных транспортных средств специального назначения нового поколения. Ключевыми конструктивными решениями при этом являются максимальное облегчение конструкции, унификация агрегатов и применение специализированных шасси для обеспечения высокой проходимости.

2. Проведенные заводские и полигонные испытания МТС «Мангуст» показали, что данное средство соответствует заявленным в техническом задании тягово-динамическим качествам. Мангуст имеет высокие показатели по проходимости и устойчивости.

3. В качестве основного направления дальнейших работ целесообразно создать унифицированное семейство машин различного назначения на базе отработанной платформы «Мангуст», что позволит оптимизировать затраты на производство и логистику.

4. Студенческим конструкторским бюро страны, автомобильного профиля, необходимо активизировать работу по разработке и созданию, как легких, так и специальных транспортных средств среднего класса.

Список литературы

1. Коровин, Ю. Н. Применение легких колесных машин для повышения мобильности подразделений спецназа и разведки / Ю. Н. Коровин, А. П. Архипов // Войска национальной гвардии Российской Федерации: прошлое и настоящее : сборник трудов межвузовской научно-практической конференции (к 210-летию образования войск правопорядка и 5-летию юбилею создания Росгвардии), Саратов, 07 апреля 2021 года. – Саратов: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования "Саратовский военный ордена Жукова Краснознаменный институт войск национальной гвардии Российской Федерации", 2021. – С. 243-255. – EDN TBUAQC.

2. Салтан, В. В. Обоснование необходимости оснащения подразделений и частей вdv специальными транспортными средствами типа "багги" / В. В. Салтан, Е. И. Цыбизов, А. В. Новиков // Научный резерв. – 2020. – № 1(9). – С. 43-52. – EDN OQJDVL.

3. Жданов, С. В. Перспективы применения тактических автовездеходов багги в силовых структурах Российской Федерации / С. В. Жданов, Р. М. Ремиев, Л. И. Тетерин // Актуальные вопросы совершенствования военной и специальной техники : Сборник научных материалов / под общ. ред. Р.В. Стрельцова. – Пермь : Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2020. – С. 35-42. – EDN QGHGKW.

4. Маликов, Ф. Разработка Багги на платформе легкового автомобиля / Ф. Маликов // Международная научно-техническая конференция молодых ученых БГТУ им. В.Г. Шухова : Материалы конференции, Белгород, 30 апреля – 20 2021 года. – Белгород: Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, 2021. – С. 6949-6953. – EDN XRLFIY.

5. Далида, Н. В. Проектирование несущей системы из труб круглого сечения маломощного транспортного средства на примере багги / Н. В. Далида, Н. М. Филькин // Транспортные и транспортно-технологические системы : Материалы Международной научно-технической конференции, Тюмень, 13–14 апреля 2023 года / Отв. редактор П.В. Евтин. – Тюмень: Тюменский индустриальный университет, 2023. – С. 154-156. – EDN VBFLQC.

6. Модель оптимизации выбора наилучших доступных технологий для организации технологического процесса производства багги / П. М. Бута, А. А. Казакова, А. И. Кокорева, Е. В. Кузнецова // Экономика строительства. – 2025. – № 7. – С. 620-623. – EDN HYYPND.

7. Зарубежный опыт создания тактических автовездеходов (багги) / Р. В. Стрельцов, Г. Ю. Инюшкин, Н. А. Самойлов, Н. К. Данилюк // Студенческий вестник. – 2021. – № 40-3(185). – С. 83-85. – EDN DEKGQE.

8. Федоров, Р. Ю. Особенности конструкции российских багги в условиях боевых действий / Р. Ю. Федоров, М. И. Санеев // Молодой исследователь: вызовы и перспективы : Сборник статей по материалам CCCLXII международной научно-практической конференции, Москва, 17 июня 2024 года. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью "Интернаука", 2024. – С. 362-364. – EDN LABRNA.

9. Макеев, Д. В. Анализ существующих разработок специальных транспортных средств типа "багги" / Д. В. Макеев, Е. И. Цыбизов, В. А. Ковтун // Научный резерв. – 2021. – № 4(16). – С. 22-30. – EDN FBYFNP.

10. Кирюшин, И. Н. Опыт разработки багги на практической деятельности / И. Н. Кирюшин, Д. И. Булычев // Вестник Политеха. – 2022. – № 5. – С. 50-52. – EDN EIOVQN.

11. Баженов, Е. Е. Границы применимости стандартного метода оценки крутильной жесткости пространственных рам автомобилей багги / Е. Е. Баженов, С. К. Буйначев, А. Н. Кустовский // Известия МГТУ МАМИ. – 2018. – № 4(38). – С. 55-60. – EDN YTOFSX.

References

1. Korovin, Yu. N., & Arkhipov, A. P. (2021). Application of Light Wheeled Vehicles to Enhance the Mobility of Special Forces and Reconnaissance Units. In Troops of the National Guard of the Russian Federation: Past and Present: Proceedings of the Interuniversity Scientific and Practical Conference (pp. 243-255). Saratov: Saratov Military Institute of the National Guard of the Russian Federation. EDN TBUAQC.
2. Saltan, V. V., Tsybizov, E. I., & Novikov, A. V. (2020). Justification for the Need to Equip Airborne Units with Special "Buggy"-Type Vehicles. Nauchnyi Rezerv, (1(9)), 43-52. EDN OQJDVL.
3. Zhdanov, S. V., Remiev, R. M., & Teterin, L. I. (2020). Prospects for the Use of Tactical Auto-Buggies in the Power Structures of the Russian Federation. In R. V. Streltsov (Ed.), Topical Issues of Improving Military and Special Equipment: Collection of Scientific Materials (pp. 35-42). Perm: Perm Military Institute of the National Guard of the Russian Federation. EDN QGHGKW.
4. Malikov, F. (2021). Development of a Buggy Based on a Passenger Car Platform. In Proceedings of the International Scientific and Technical Conference of Young Scientists of BSTU named after V.G. Shukhov (pp. 6949-6953). Belgorod: Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov. EDN XRLFIY.
5. Dalida, N. V., & Filkin, N. M. (2023). Design of a Tubular Space Frame for a Low-Power Vehicle Using a Buggy as an Example. In P. V. Evtin (Ed.), Transport and Transport-Technological Systems: Proceedings of the International Scientific and Technical Conference (pp. 154-156). Tyumen: Tyumen Industrial University. EDN VBFLQC.
6. Buta, P. M., Kazakova, A. A., Kokoreva, A. I., & Kuznetsova, E. V. (2025). An Optimization Model for Selecting the Best Available Technologies for Organizing the Production Process of Buggies. Ekonomika Stroitelstva, (7), 620-623. EDN HYYPNP.
7. Streltsov, R. V., Inyushkin, G. Yu., Samoilov, N. A., & Danilyuk, N. K. (2021). Foreign Experience in the Development of Tactical Auto-Buggies. Studencheskii Vestnik, 40-3(185), 83-85. EDN DEKGQE.
8. Fedorov, R. Yu., & Saneev, M. I. (2024). Design Features of Russian Buggies in Combat Conditions. In Young Researcher: Challenges and Prospects: Collection of Articles based on the materials of the CCCLXII International Scientific and Practical Conference (pp. 362-364). Moscow: Internauka Ltd. EDN LABRNA.
9. Makeev, D. V., Tsybizov, E. I., & Kovtun, V. A. (2021). Analysis of Existing Developments of Special "Buggy"-Type Vehicles. Nauchnyi Rezerv, (4(16)), 22-30. EDN FBYFNP.
10. Kiryushin, I. N., & Bulychev, D. I. (2022). Buggy Development Experience in Practical Activities. Vestnik Politekha, (5), 50-52. EDN EIOVQN.
11. Bazhenov, E. E., Buinachev, S. K., & Kustovsky, A. N. (2018). Applicability Limits of the Standard Method for Assessing the Torsional Stiffness of Buggy Space Frames. Izvestiya MGTU MAMI, 4(38), 55-60. EDN YTOFSX.

Поздеев И.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Корнеев А.К.

Зам. руководителя отдела по испытаниям
автомобильного завода ООО «Хавейл Мотор
Мануфэкчуринг Рус», РФ

Татаринцев В. Ю.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Снятков Е.В.

кандидат техн. наук, доцент, кафедры
производства, ремонта и эксплуатации машин
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Pozdeev I.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Korneev A.K.

Deputy Head of the Testing Department of the
automobile plant of Haval Motor Manufacturing
Rus LLC, Russian Federation

Tatarintsev V.Yu.

assistant of the department of automobiles and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Snyatkov E.V.

Candidate of Technical Sciences, Associate
Professor at the Department of Production,
Repair and Operation of Machinery, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

ЭЛЕКТРОННЫЕ СИСТЕМЫ, ОБЕСПЕЧИВАЮЩИЕ БЕЗОПАСНОСТЬ ДВИЖЕНИЯ АВТОМОБИЛЕЙ Haval

ELECTRONIC SYSTEMS THAT ENSURE THE SAFETY OF Haval VEHICLES

Аннотация. В статье рассматриваются основные виды и состав электронных систем автомобилей, приведена классификация современных электронных систем, обеспечивающих безопасность движения автомобиля Haval Jolion, назначение и принцип действия таких систем, перспективы их применения в современных автомобилях, внедрение повсеместно информационно-компьютерных технологий в автомобильной индустрии.

Abstract. The article discusses the main types and composition of electronic car systems, provides a classification of modern electronic systems that ensure the safety of the Haval Jolion car, the purpose and principle of operation of such systems, the prospects for their use in modern cars, the widespread introduction of information and computer technologies in the automotive industry.

Ключевые слова: автомобиль, электронные системы, системы активной безопасности, тормозная система, адаптивные системы, Haval.

Keywords: automotive, electronic systems, active safety systems, braking system, adaptive systems, Haval.

Введение

Большинство аварий связано с ошибками водителей: превышение скорости, не соблюдение ПДД, отвлечение внимания, усталость и прочее. Неисправности тормозной системы, подвески, рулевого управления и других узлов ухудшают управляемость и увеличивают риск ДТП. Плохое состояние дорог, недостаточная разметка, отсутствие освещения и безопасности на участках повышают вероятность аварий. Дождь, снег, гололед и туман снижают видимость и сцепление с дорогой, усложняя управление автомобилем. Решением данных проблем является применение в автомобилях (рис. 1) систем активной и пассивной безопасности [1-3].



Рисунок 1 – Автомобили марки Haval

Системы активной безопасности

Предотвращают возникновение аварийных ситуаций и помогают водителю сохранить управление. ABS (антиблокировочная тормозная система) предотвращает блокировку колёс при экстренном торможении, обеспечивая управляемость. ESP (система электронной стабилизации или курсовой устойчивости) помогает сохранить контроль над автомобилем при заносах и резких манёврах. TCS (система противоскольжения) предотвращает пробуксовку ведущих колёс при ускорении [3-6].

Адаптивный круиз-контроль автоматически поддерживает безопасную дистанцию до впереди идущего автомобиля. Система предупреждения столкновений определяет риск аварии и предупреждает водителя или начинает экстренное торможение. Системы помощи водителю (ADAS – Advanced Driver Assistance Systems) улучшает осведомлённость водителя и снижает вероятность

ошибок. Система контроля слепых зон оповещает о машинах в «мертвых зонах». Система удержания в полосе предотвращает произвольный выезд за пределы полосы движения. Распознавание дорожных знаков информирует водителя о текущих ограничениях скорости и запретах. Камеры и датчики парковки облегчают манёвры и предотвращают наезд на препятствия. Интеллектуальные транспортные системы (ITS) взаимодействуют с инфраструктурой для повышения безопасности. Связь vehicle-to-everything (V2X) обмен информацией между автомобилями и дорожной инфраструктурой (светофорами, знаками). Системы мониторинга дорожного состояния оповещают о погодных и дорожных опасностях в реальном времени [7-9].

Наличие данных систем в автомобиле Haval Jolion (рис. 2) делает его готовым к различным условиям движения. Техническая характеристика автомобиля представлена на рисунке 3.



Рисунок 2 – Автомобиль Haval Jolion

Антиблокировочная система тормозов (ABS) стала стандартом для современных автомобилей. Однако, как и с любой технологией, эффективность ее реализации зависит от подхода производителя. Автомобильный бренд Haval, создающий современные кроссоверы и внедорожники, сумел интегрировать ABS в широкую архитектуру электронных помощников, что делает их машины безопасными и технологичными. Тормозная система Haval Jolion представляет собой современный комплекс гидравлических и электронных компонентов, обеспечивающих безопасное, эффективное и комфортное управление автомобилем в различных дорожных условиях.

Общая информация		Двигатель		Трансмиссия	
Страна марки	Китай	Тип двигателя	Бензиновый	Коробка передач	Механика
Класс автомобиля	C	Расположение двигателя	Переднее, поперечное	Количество передач	6
Количество дверей	5	Объем двигателя	1497 см³	Тип привода	Передний
Количество мест	5	Тип наддува	Турбонаддув	Эксплуатационные показатели	
Расположение руля	Левый	Максимальная мощность	143 л.с. (105 кВт) при 6000 об/мин		
Размеры		Максимальный крутящий момент	210 Н·м при 4400 об/мин	Максимальная скорость	185 км/ч
		Расположение цилиндров	Рядное	Разгон до 100 км/ч	9.8 с
Длина	4472 мм	Количество цилиндров	4	Расход топлива, город/трасса/смешанный	9.9/6.1/7.5 л/100 км
Ширина	1874 мм	Число клапанов на цилиндр	4	Марка топлива	АИ-92
Высота	1581 мм	Система питания двигателя	Распределенный впрыск (многоточечный)	Экологический класс	Еuro 5
Колёсная база	2700 мм	Степень сжатия	9.3	Выбросы CO2	172 г/км
Клиренс	190 мм	Диаметр цилиндра и ход поршня	75x84.7 мм	Подвеска и тормоза	
Ширина передней колеи	1577 мм	Код двигателя	GW4G15B		
Ширина задней колеи	1597 мм	Модель двигателя	GW4G15B	Тип передней подвески	Независимая, пружинная
Размер колёс	215/60 R17, 225/55 R18	ГРМ	DOHC	Тип задней подвески	Полунезависимая, пружинная
Объём и масса				Передние тормоза	Дисковые вентилируемые
				Задние тормоза	Дисковые
Объём багажника мин/макс	1133 л				
Объём топливного бака	55 л				
Снаряженная масса	1420 кг				

Рисунок 3 – Техническая характеристика автомобиля Haval Jolion

Принцип работы тормозной системы Haval Jolion

При нажатии на педаль тормоза усилие передаётся на главный тормозной цилиндр, который создаёт гидравлическое давление в тормозной системе. Это давление через тормозные магистрали передаётся к суппортам, в которых поршни прижимают колодки к тормозным дискам (или барабанам), создавая трение и замедляя вращение колёс. ABS контролирует скорость вращения каждого колеса с помощью датчиков. При обнаружении блокировки колеса (замедление до остановки) система мгновенно снижает давление в тормозной магистрали этого колеса, чтобы предотвратить блокировку и сохранить управляемость автомобиля. EBD автоматически регулирует тормозное давление между передней и задней осями в зависимости от нагрузки и дорожных условий, обеспечивая оптимальное торможение и устойчивость. ВА распознаёт резкое нажатие педали тормоза и повышает давление в системе, обеспечивая максимальное тормозное усилие даже при недостаточном усилии водителя.

Таким образом, тормозная система HAVAL JOLION сочетает классический гидравлический принцип с современными электронными системами, обеспечивая эффективное, контролируемое и безопасное торможение в любой ситуации.

Заключение

Обеспечение безопасности движения – это комплексная задача, требующая взаимодействия технических средств, инфраструктуры, законодательства и поведения водителей. Только при комплексном подходе можно существенно снизить количество ДТП и сохранить жизни. Электронные системы безопасности интегрируются для создания комплексной защиты на дороге, снижая риск ДТП и уменьшая последствия аварий. Их развитие и широкое внедрение критично для повышения безопасности движения автомобилей.

Таким образом, тормозная система HAVAL JOLION сочетает классический гидравлический принцип с современными электронными системами, обеспечивая эффективное, контролируемое и безопасное торможение в любой ситуации.

Список литературы

1. Электронные системы автомобилей и тракторов : учебное пособие / составитель А. М. Молодов. – пос. Караваево : КГСХА, 2021. – 80 с. // Лань : электронно-библиотечная система. – URL: <https://e.lanbook.com/book/252041> (дата обращения: 05.03.2025).
2. Рябикин, А. А. Электронные системы управления автомобилем, их необходимость применения для эксперта - автотехника / А. А. Рябикин, Д. А. Смирнов // Международный журнал прикладных наук и технологий Integral. – 2020. – № 4. – С. 14. – EDN QJRATD.
3. Перспективы развития электротехнических и электронных систем управления двигателем автомобиля / В. Н. Козловский, В. В. Дебелов, М. А. Пьянов, В. В. Иванов // Грузовик. – 2015. – № 8. – С. 2-7. – EDN UJFSRP.
4. Баженов, Ю. В. Выявление элементов, лимитирующих надежность электронных систем управления двигателем автомобиля / Ю. В. Баженов, В. П. Каленов // Бюллетень транспортной информации. – 2017. – № 7(265). – С. 19-23. – EDN YTXXYB.
5. Фролов, В. Г. Совершенствование электронной системы управления инжекторных двигателей современных легковых автомобилей / В. Г. Фролов, П. О. Иванов // Совершенствование автотранспортных систем и сервисных технологий : Сборник научных трудов по материалам XIV Международной научно-технической конференции, посвященной 95-летию юбилею доктора технических наук, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РФ Авдоськина Фёдора Николаевича (1923-1996), Саратов, 01–03 ноября 2018 года. – Саратов: Саратовский государственный технический университет имени Гагарина Ю.А., 2018. – С. 489-496. – EDN ZHVCBF.
6. Автомобиль HAVAL JOLION. Руководство по эксплуатации.
7. Жилевич М. И. Электронные системы контроля сцепления колёс автомобиля с дорогой с использованием управления двигателем / М. И. Жилевич, П. Н. Кишкевич, С. В. Ермилов // Автомобиле- и тракторостроение : Материалы Международной научно-практической конференции, Минск, 24–27 мая 2019 года / отв. ред. Д. В. Капский. Т. 1. –

Минск: Белорусский национальный технический университет, 2019. – С. 314-317. – EDN EWGMYP.

8. Адаптивные электронные системы автомобилей: система автоматического управления дальним светом / А. Ю. Куликов, А. П. Новиков, М. С. Хрипченко [и др.] // Проблемы и перспективы конструктивного совершенствования отечественного автомобилестроения : материалы Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 12 апреля 2023 года. – Воронеж: Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова, 2023. – С. 101-105. – DOI 10.58168/AutIndustry2023_101-105. – EDN QTAOEO.

9. Остроушко В. А. Электронная система управления двигателем в легковом автомобиле и её составляющие / В. А. Остроушко // Первые шаги в науку : материалы VIII Региональной научно-практической конференции обучающихся по программам общего и среднего профессионального образования, Курск, 20 апреля 2023 года. – Курск: Курский государственный аграрный университет имени И.И. Иванова, 2023. – С. 26-30. – EDN MGMHSX.

References

1. Electronic systems of cars and tractors: a textbook / compiled by A.M. Molodov. – village Karavaevo : KGSNA, 2021. – 80 p. // Lan : electronic library system. – URL: <https://e.lanbook.com/book/252041> (date of request: 03/05/2025).

2. Ryabikin, A. A. Electronic car control systems, their need for application for an expert in automotive engineering / A. A. Ryabikin, D. A. Smirnov // International Journal of Applied Sciences and Technologies Integral. – 2020. – No. 4. – S. 14. – EDN QJRATD.

3. Prospects for the development of electrotechnical and electronic car engine control systems / V. N. Kozlovsky, V. V. Debelov, M. A. Pyanov, V. V. Ivanov // Truck. – 2015. – No. 8. – pp. 2-7. – EDN UJFSRP.

4. Bazhenov, Yu. V. Identification of elements limiting the reliability of electronic car engine control systems / Yu. V. Bazhenov, V. P. Kalenov // Bulletin of transport information. – 2017. – № 7(265). – Pp. 19-23. – EDN YTXXYB.

5. Frolov, V. G. Improvement of the electronic control system of injection engines of modern passenger cars / V. G. Frolov, P. O. Ivanov // Improvement of motor transport systems and service technologies : A collection of scientific papers based on the materials of the XIV International Scientific and Technical Conference dedicated to the 95th anniversary of Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of science and technology Russian Federation Avdonkin Fyodor Nikolaevich (1923-1996), Saratov, November 01-03, 2018. – Saratov: Saratov State Technical University named after Yuri Gagarin, 2018. – pp. 489-496. – EDN ZHVCBF.

6. HAVAL JOLION car. User manual.

7. Zhilevich M. I. Electronic systems for controlling the adhesion of car wheels to the road using engine control / M. I. Zhilevich, P. N. Kishkevich, S. V. Ermilov // Automobile and tractor construction : Materials of the International Scientific and practical Conference, Minsk, May 24-27, 2019 / ed. by D. V. Kapsky. Vol. 1. – Minsk: Belarusian National Technical University, 2019. – pp. 314-317. – EDN EWGMYP.

8. Adaptive electronic systems of cars: an automatic high beam control system / A. Y. Kulikov, A. P. Novikov, M. S. Khripchenko [et al.] // Problems and prospects of constructive improvement of the domestic automotive industry : materials of the All-Russian Scientific and Technical Conference, Voronezh, April 12, 2023. – Voronezh, 2023. – pp. 101-105. – DOI 10.58168/AutIndustry2023_101-105. – EDN QTAOEO.

9. Ostroushko, V. A. Electronic engine control system in a passenger car and its components / V. A. Ostroushko // The first steps into science : materials of the VIII Regional Scientific and Practical Conference of students in general and Secondary vocational education programs, Kursk, April 20, 2023. – Kursk: Kursk State Agrarian University named after I.I. Ivanov, 2023. – pp. 26-30. – EDN MGMHSX.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_87-100
УДК 629.33.028

Рубцов Е.Г.

преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Колядин П.А.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Татаринцев В. Ю.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры автомобилей и сервиса Воронежского государственного лесотехнического университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Rubtsov E.G.

lecturer at the Department of automobiles and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Kolyadin P.A.

assistant of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Tatarintsev V.Yu.

assistant of the department of automobiles and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of cars and service, Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov, Russian Federation

ИССЛЕДОВАНИЯ КОМБИНИРОВАННОГО УПРУГОГО ЭЛЕМЕНТА В ПОДВЕСКЕ АВТОМОБИЛЯ УАЗ ПАТРИОТ

RESEARCH OF A COMBINED ELASTIC ELEMENT IN THE SUSPENSION OF THE UAZ PATRIOT VEHICLE

Аннотация. В статье описано моделирование задней подвески автомобиля УАЗ Патриот с применением комбинированного упругого элемента. Лабораторно определены упругие характеристики и жесткость шины КАМА-219 размерностью 225/75R16 на стенде СИХШ 2500-1000. Получены на стенде для определения характеристик упругих элементов подвески жесткость предлагаемого пневматического упругого элемента. Полученные характеристики планируется использовать в модели, для получения теоретической оценки плавности хода автомобиля УАЗ Патриот с комбинированным упругим элементом.

Abstract. The article describes the modeling of the rear suspension of the UAZ Patriot car using a combined elastic element. The elastic characteristics and stiffness of the Kama-219 tire with a size of 225/75R16 were determined in the laboratory using the STChT 2500-1000 stand. The stiffness of the proposed pneumatic elastic element was determined using the stand for determining the characteristics of suspension elastic elements. These characteristics will be used in the model to obtain a theoretical assessment of the ride comfort of the UAZ Patriot car with a combined elastic element.

Ключевые слова: шина, пневматический упругий элемент, подвеска, упругие характеристики, автомобиль, моделирование.

Keywords: tire, pneumatic elastic element, suspension, elastic characteristics, car, modeling.

Введение

Параметры автомобилей, едущих по дорогам общего пользования, могут довольно сильно разниться, каждый потребитель определяет особенности их использования. Такими основными параметрами могут являться:

- вид работы автомобиля;
- дорожный просвет;
- перевозимый груз;
- технологическая скорость.

Увеличение производительности автомобилей является одним из наиболее эффективных способов исполнения поставленной задачи. Описанные выше параметры напрямую воздействуют на производительность, но добиться увеличения некоторых параметров на какое-либо существенное значение без снижения показателей остальных параметров представляется довольно сложной конструкторской задачей.

Одним из наиболее эффективных способов увеличения производительности автомобилей является увеличение плавности хода. На сегодняшний день на легковом и на коммерческом транспорте в основном применяется стандартная подвеска с применением стальных пружин или рессор. Однако, данные упругие элементы дают недостаточную плавность хода автомобиля на неровной дороге. В результате выходит, что на стандартной подвеске при движении на неровной дороге снижается средняя техническая скорость, увеличиваются расход топлива и износ элементов подвески.

С помощью пневмоподвески можно во время движения изменять высоту подвески автомобиля в зависимости от нагрузки на подвеску и от дорожных условий. Пневматическая подвеска преимущественно используется на коммерческой технике, такой как грузовики и автобусы, позже данный тип подвески появился и на легковых автомобилях. Вместо пружин и рессор здесь герметичная камера, наполняемая воздухом. Камера с воздухом может быть либо в самом амортизаторе, либо отдельным от него пневмобаллоном. Характеристики от выбранного решения не зависят, основное внимание уделяется компоновке.

Пневматическая подвеска позволяет автомобилю проходить неровности дороги на большей скорости, и с наибольшим комфортом для водителя и пас-

сажира, что положительно сказывается на остальных эксплуатационных характеристиках. Если рассматривать внедорожник модели УАЗ Патриот, то вариант с пневматической подвеской был бы полезен, как и различным госструктурам (Министерство Обороны, МЧС, МВД, РЖД) для выполнения профессиональных задач, так и гражданским потребителям – любителям активного отдыха и путешествий.

В стандартной задней подвеске автомобиля УАЗ Патриот применяется рессора в качестве упругого элемента (рис.1). Техническая характеристика подвески автомобиля УАЗ Патриот представлена в таблице 1.



Рисунок 1 – Задняя подвеска автомобиля УАЗ

К недостаткам такого рода подвесок относится его ограниченный срок службы и невозможность изменять жесткость в процессе эксплуатации автомобильной техники. Также при продолжительном использовании и большой нагрузке на рессоры есть вероятность их быстрого проседания.

Предложено применение комбинированного упругого элемента – пневматического в виде баллона и стального в качестве рессоры (рис. 2). У пневмобаллона жесткость меньше, чем у рессоры, что позволяет ему получить лучшую плавность хода. Также пневмоэлемент имеет лёгкую конструкцию и не требует серьёзных изменений в подвеске автомобиля.

Таблица – Характеристика заводской подвески автомобиля УАЗ Патриот

Параметр	Единица измерения
Жесткость задней рессоры	39,24 кН/м
Неподдрессоренная масса заднего моста	215,6 кг
Поддрессоренная масса, приходящаяся на задний мост	1434,4 кг
Коэффициент демпфирования амортизатора	485,3 Нс/м
Коэффициент демпфирования шины	1468 Нмс/рад
Ход подвески	200 мм
Максимальная деформация шины	100 мм
Давление воздуха в шине	2,2 атм

Использование пневмобаллона позволит добиться большей грузоподъемности, сохранения полного дорожного просвета при любых нагрузках, уменьшения кренов автомобиля, обеспечить более мягкое поддрессирование.



Рисунок 2 – Задняя подвеска автомобиля УАЗ с применением пневмобаллона

Цель проведения исследований: получить исходные данные для модели задней подвески автомобиля УАЗ Патриот с комбинированным упругим элементом

Объект исследований: шины КАМА-219 размерностью 225/75R16, пневматический упругий элемент подвески.

Методика проведения теоретических исследований

Решение поставленной задачи представляется возможным путем составления плоской двухмассовой модели задней подвески автомобиля УАЗ (рисунок 3). Модель описывает колебательную систему с вертикальными перемещениями, которые изначально заданы возмущающей зависимостью $z_d(t)$. Подрессоренная масса, приходящаяся на задний мост представлена массой M , неподрессоренные массы заднего ведущего моста задаются массой m . Перемещение масс рассматривается вдоль оси OZ , в которой координаты подрессоренных и неподрессоренных масс задаются координатами z_m и z_M . Взаимодействие шины с возмущающей функцией в модели задается упругим коэффициентом $c_{ш}$ и вязким гасящим коэффициентом $d_{ш}$. Подвеска задана упругими коэффициентами рессоры $c_{п}$ и гасящим амортизатором с коэффициентом $d_{п}$. Пневматический элемент «П» характеризуется объёмом $V_{п}$ и давлением газа $P_{п}$. Взаимодействие между подрессоренной массой M и неподрессоренной массой m осуществляется точно, по центрам их расположения. Воздействие возмущающей функции опорной поверхности за счет вязко-упругого взаимодействия в шинеприводит к перемещению массы m . А в свою очередь перемещение неподрессоренной массы приводит к перемещению массы M за счет вязко-упругого взаимодействия в подвеске.

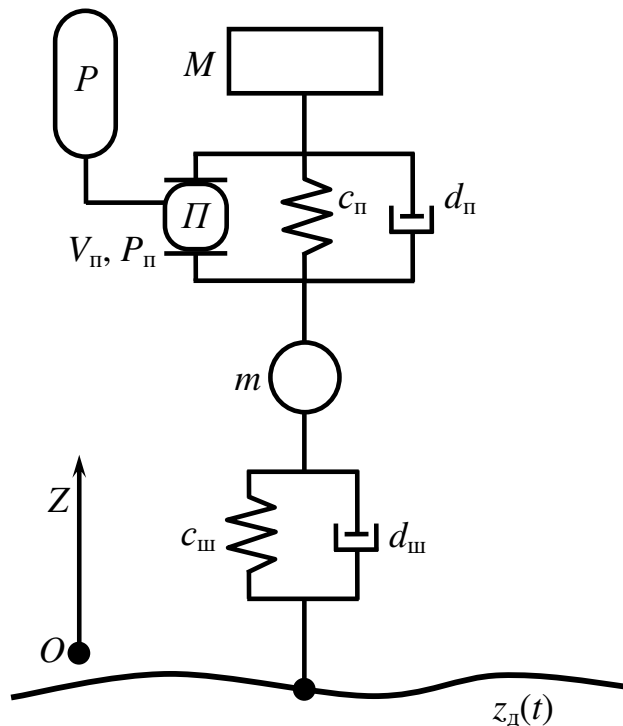


Рисунок 3 – Представление автомобиля в модели в виде двухмассовой системы с пневматическим элементом в подвеске

Уравнения динамики автомобиля записаны в соответствии со вторым законом Ньютона:

$$\begin{cases} \frac{d^2 M}{dt^2} = -Mg + c_n(z_{a0} - (z_M - z_m)) - d_n \left(\frac{dz_M}{dt} - \frac{dz_m}{dt} \right) + P_n S_n; \\ \frac{d^2 m}{dt^2} = -mg - c_n(z_{a0} - (z_M - z_m)) + d_n \left(\frac{dz_M}{dt} - \frac{dz_m}{dt} \right) + \\ + c_{ш}(z_{m0} - (z_m - z_d(t))) - d_{ш} \frac{dz_m}{dt} - P_n S_n; \\ P_n (V_p + S_n(z_{a0} - (z_M - z_m)))^{\frac{7}{5}} = const, \end{cases} \quad (1)$$

где M и m – массы корпуса и колеса, приведенные к заднему мосту; t – время; g – ускорение свободного падения; c_n – коэффициент жесткости рессоры; $c_{ш}$ – коэффициент жесткости шины; z_{a0} – равновесное расстояние между точками m и M ; z_M и z_m – координаты центра масс колеса и точки крепления подвески к корпусу автомобиля; d_n и $d_{ш}$ – коэффициенты демпфирования упругого элемента подвески и шины; z_{m0} – равновесная координата центра масс колеса; z_d – координата точки контакта колеса с опорной поверхностью; P_n – давление газа в пневматическом элементе; S_n – эффективная площадь пневматического элемента; V_p – объем ресивера.

Методика и проведения лабораторных исследований

С целью получения исходных данных для разработанной модели задней подвески автомобиля УАЗ Патриот были проведены комплексные лабораторные исследования. Лабораторные испытания были начаты с шины КАМА-219 размерностью 225/75R16, которая устанавливается на автомобиль УАЗ. Данная шина испытывалась на радиальную деформацию на универсальном стенде СИХШ 2500-1000 (рис. 4).

Характеристика шины снималась на стенде СИХШ 2500-1000 следующим способом. Для начала устанавливалось заданное давление воздуха в шине, после чего снимали радиальную деформацию шины при цикле «нагрузка-разгрузка». Данные опыты также повторялись при других давлениях воздуха. На стенде исследовалась базовая шина КАМА-219 размерностью 225/75R16, устанавливаемая на легковой автомобиль повышенной проходимости УАЗ Патриот.



Рисунок 4 – Шина Кама-219 на стенде СИХШ 2500-1000

Дальше были проведены испытания пневматического упругого элемента (рис. 5). Их целью является определение упругих характеристик пневмобаллона и сравнение с показателями стальной рессоры. Испытания баллона пневматической подвески проводятся на специальном стенде для определения жесткости упругих элементов. Динамометром измеряется подаваемая нагрузка на баллон, которая создаётся гидравлическим домкратом. Манометром измеряется давление воздуха в баллоне. Подача и сброс воздуха осуществляются через специальные электромагнитные клапана.

Нагнетаемым воздухом создается рабочее давление воздуха в пневмоэлементе. С помощью гидравлического домкрата происходит деформация пневмобаллона, прибором через тензометрический датчик фиксируется подаваемая нагрузка, для измерения деформации на стенде закреплена линейка. Таким образом получаем экспериментальную зависимость вертикальной нагрузки от деформации. Давление воздуха отображается на манометре, подсоединённом к пневмоэлементу.

Оборудование для проведения испытаний и схема стенда приведены на рисунке 6. В состав оборудования входят: стенд для определения жесткости упругих элементов, пневмобаллон, линейка, клапан подачи воздуха, клапан сброса воздуха, прибор АЦД 1 с тензометрическим датчиком, компрессор, аккумулятор, трубка пневматическая, гидравлический домкрат, манометр, провода, кнопка открытия клапанов.

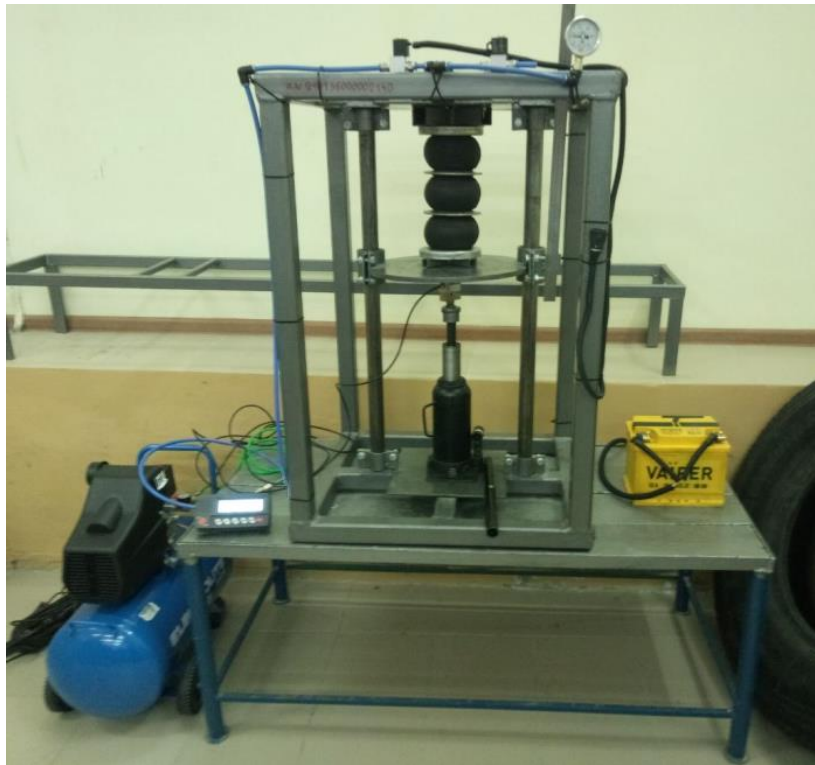


Рисунок 5 – Общий вид установки для проведения испытаний пневмобаллона

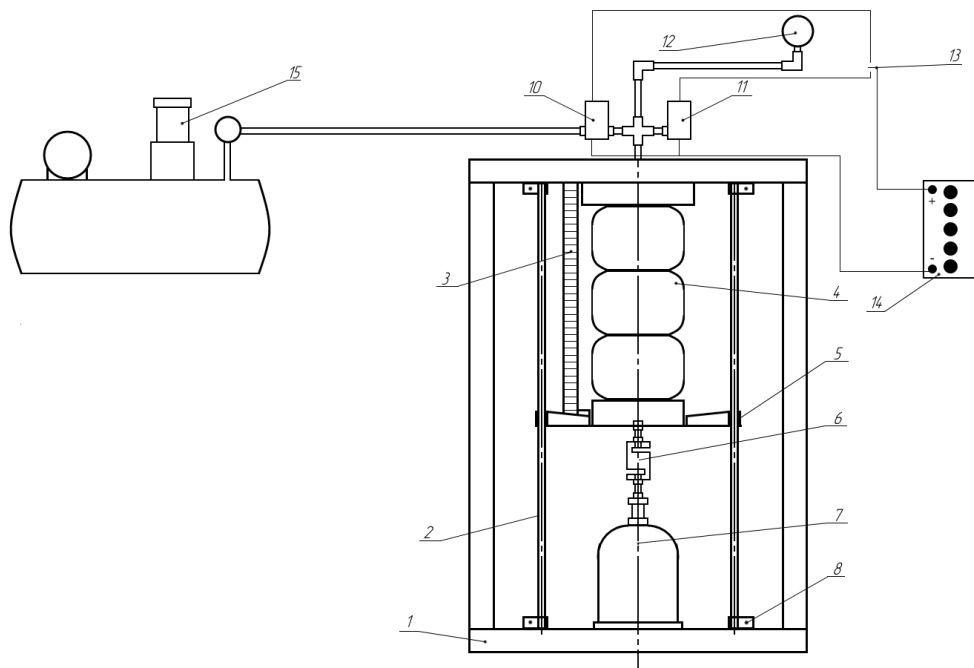


Рисунок 6 – Схема установки для проведения испытаний пневмобаллона

1 – рама; 2 – направляющая; 3 – линейка измерительная; 4 – упругий элемент (пневмобаллон); 5 – втулка линейная; 6 – тензометрический датчик прибора АЦД 1; 7 – опора нижняя; 8 – кронштейн; 9 – трубка пневматическая; 10 – клапан подачи воздуха; 11 – клапан сброса воздуха; 12 – манометр; 13 – кнопка подачи питания на клапана; 14 – аккумуляторная батарея; 15 – компрессор

Перед началом испытаний обеспечивается соответствующая подготовка путем установки пневморессоры на раму стенда и подключением воздушных магистралей. Шланг имеет длину $l = 2$ м, а его сечение $d_{ш} = 10$ мм. Объем ресивера $V_p = 8$ л.

Изменение объема воздуха, поступающего из ресивера внешнего компрессора определяется необходимая деформация и жесткость пневмобаллона. Контроль давления воздуха производится при помощи установленного на стенде пневматического манометра. Изменение давления в пневматическом упругом элементе осуществляется в ручном режиме с использованием электрического клапана управления. Вертикальная нагрузка на пневмобаллон задается через установленный гидравлический домкрат. Контроль вертикальной нагрузки производится при помощи установленного электронного динамометра АЦД-1, установленного между штоком домкрата и опорным подвижным основанием стенда. Вертикальное перемещение опорного основания обеспечивается наличием двух направляющих стоек, расположенных по обоим сторонам от пневмобаллона в вертикальном положении.

Результаты проведения лабораторных исследований

В ходе испытаний шины КАМА-219 была получена зависимость деформации шины от нагрузки при разном давлении, после чего были составлены графики, представленные на рисунке 7. Предельно допустимая нагрузка на шину – 900 килограмм при диапазоне давлений от 1 до 3 атмосфер. Полученная упругая характеристика при внутреннем давлении воздуха в шине 300 кПа имеет предельную деформацию в 0,027м. Наибольшая максимальная деформация шины КАМА-219 наблюдается при внутреннем давлении 100 кПа, составляющее 0,05м.

После получения параметров деформации шины, согласно ГОСТ 17697-72, определялась радиальная жесткость.

$$C_z = \frac{\Delta G_z}{\Delta h_z} \quad (2)$$

где ΔG_z – приращение нормальной нагрузки на шину, кН, Δh_z – приращение радиальной деформации шины, м.

На рисунке 8 представлена полученная зависимость жесткости шины от нагрузки. Наблюдается нелинейность жесткости шины на всех участках зависимостей. Сравнивая значения зависимостей при вертикальной нагрузке

на шину в 500 кг жесткость шины составляет 285 кН/м на давлении 300 кПа, 255 кН/м на давлении 250 кПа, 220 кН/м на давлении 200 кПа, 185 кН/м на давлении 150 кПа и 150 кН/м на давлении 100 кПа.

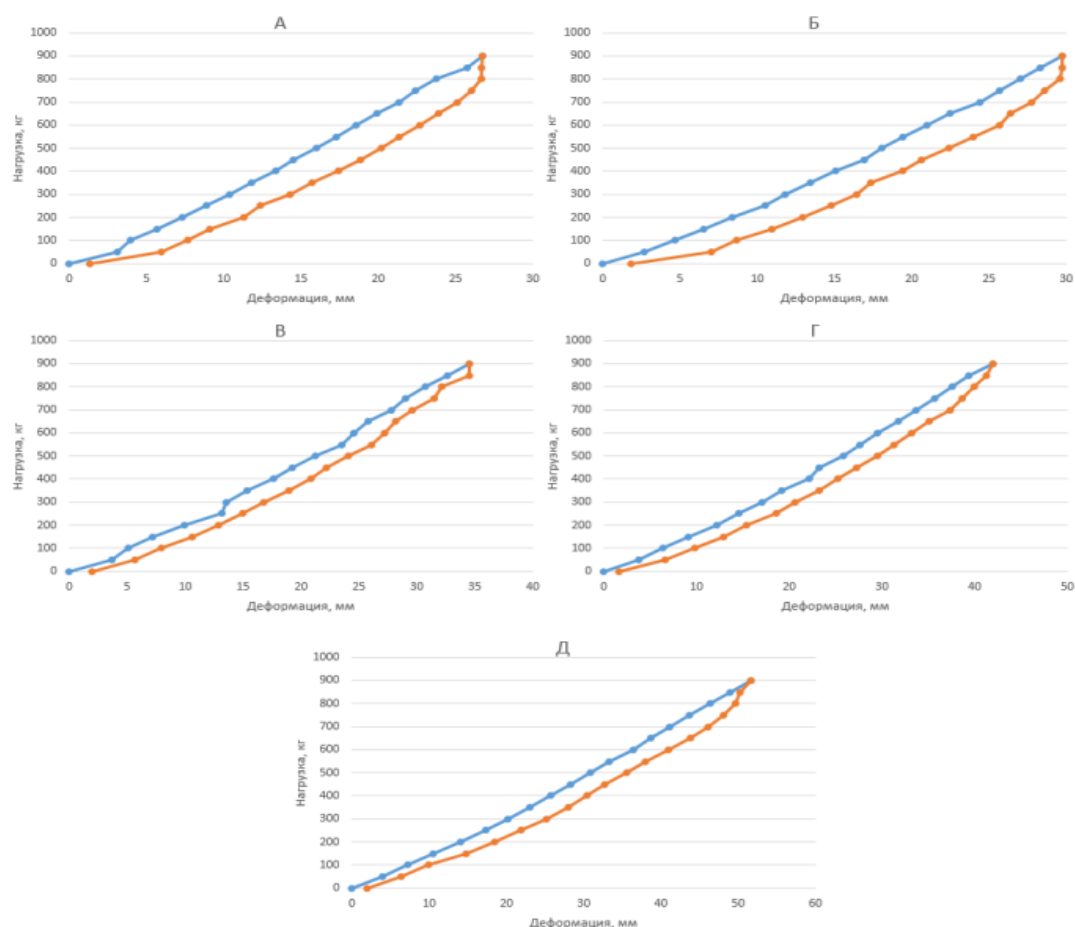


Рисунок 7 – Зависимость деформации шины от нагрузки

А – зависимость при давлении 3 атм; Б – при давлении 2,5 атм; В – при давлении 2 атм; Г – при 1,5 атм; Д – при 1 атм;

Аналогично в ходе испытаний была получена зависимость деформации от нагрузки при разном давлении для пневморессоры, после чего были сделаны графики, представленные на рисунке 9. Предельно допустимая нагрузка на пневмобаллон – 1000 килограмм при диапазоне давлений от 1,5 до 4,5 атмосфер. Полученная упругая характеристика пневмобаллона при внутреннем давлении воздуха 450 кПа имеет предельную деформацию в 0,15 м. Наибольшая максимальная деформация пневматического упругого элемента наблюдается при внутреннем давлении 150 кПа, составляющее 0,19м.

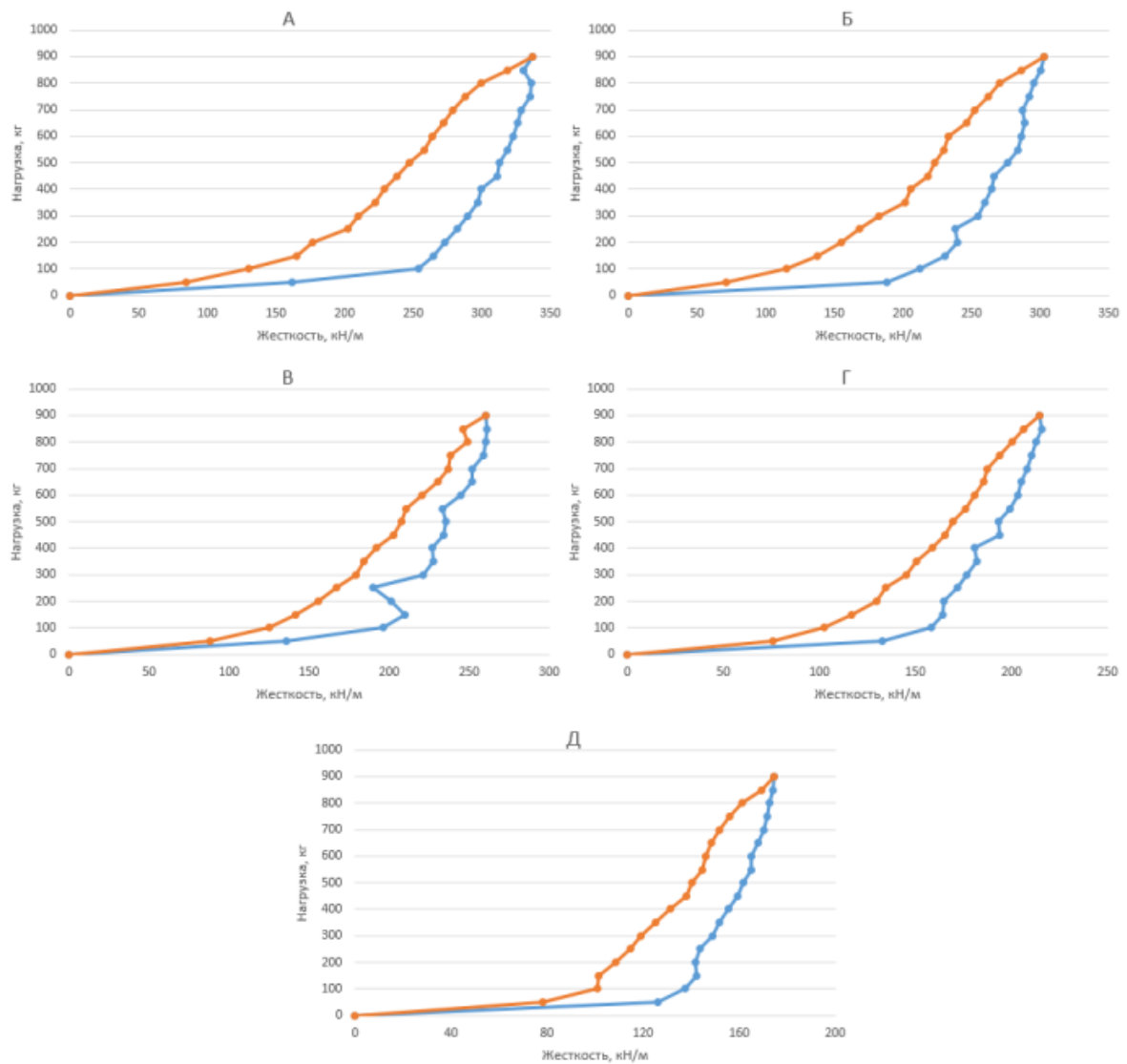


Рисунок 8 – Зависимость жесткости шины от нагрузки

А – зависимость при давлении 3 атм; Б – при давлении 2,5 атм; В – при давлении 2 атм;
Г – при 1,5 атм; Д – при 1 атм

На рисунке 10 представлена полученная зависимость жесткости пневморессоры от нагрузки. Наблюдается нелинейность жесткости пневмобаллона на всех участках зависимостей. Сравнивая значения зависимостей при вертикальной нагрузке на пневматический упругий элемент в 500 кг жесткость составляет 32 кН/м на давлении 150 кПа, 43 кН/м на давлении 300 кПа, и 54 кН/м на давлении 450 кПа.

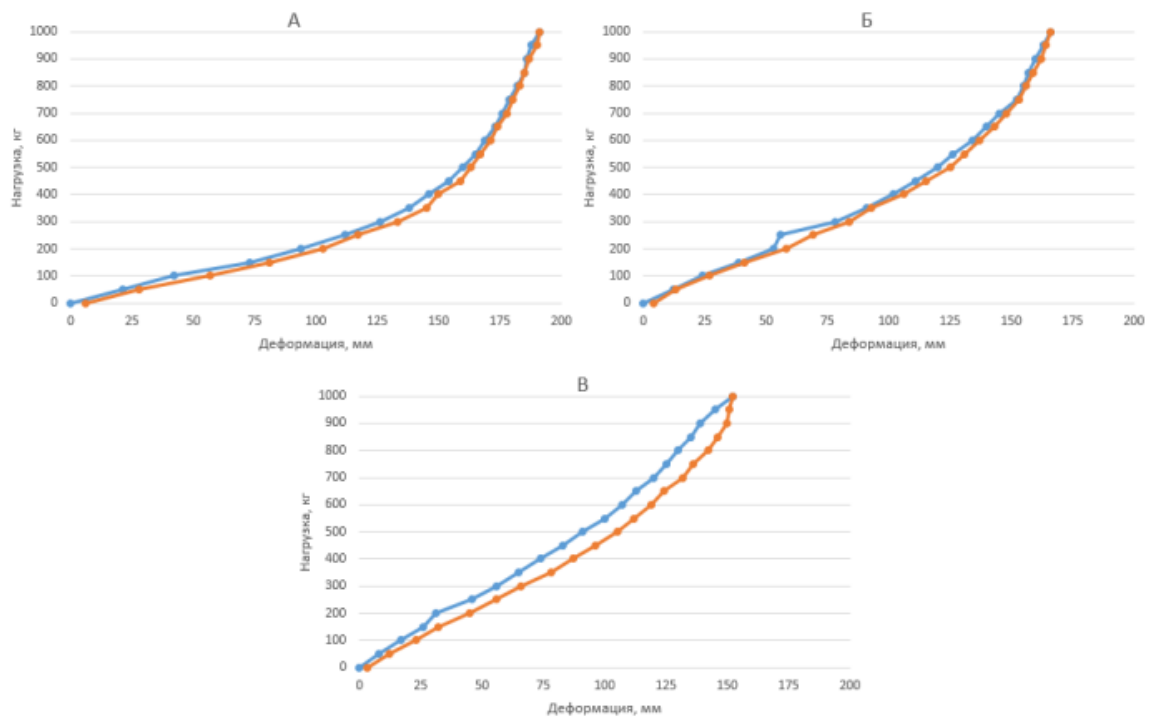


Рисунок 9 – Зависимость деформации пневмобаллона от нагрузки

А – зависимость при давлении 1,5 атм; Б – при давлении 3 атм; В – при давлении 4,5 атм

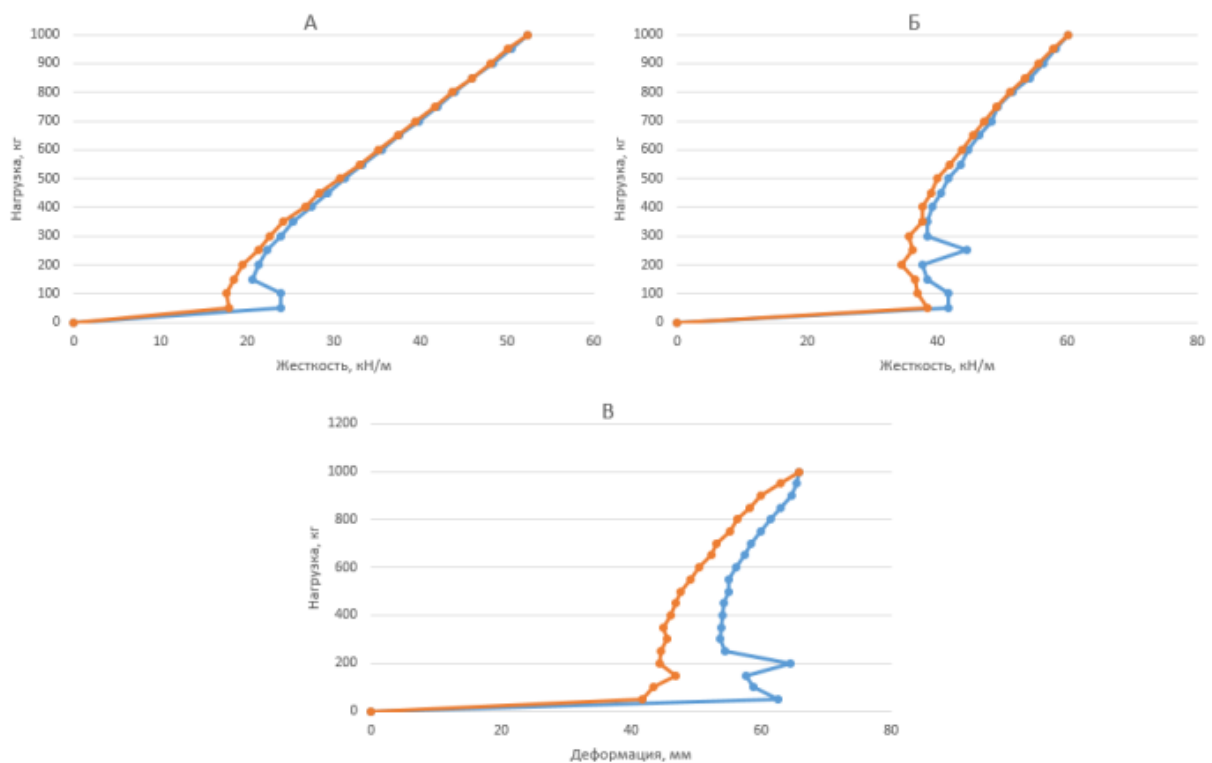


Рисунок 10 – Зависимость жесткости пневмобаллона от нагрузки

А – зависимость при давлении 1,5 атм; Б – при давлении 3 атм; В – при давлении 4,5 атм;

Получение зависимости необходимо использовать для оценки плавности хода автомобиля УАЗ Патриот с комбинированным упругим элементом задней подвески.

Выводы

1. Проведены комплексные лабораторные исследования шины Кама-219 размерностью 225/75R16. Получены упругие характеристики пневматической шины, значения зависимостей которых при вертикальной нагрузке на шину в 500 кг составляет 285 кН/м на давлении 300 кПа, 255 кН/м на давлении 250 кПа, 220 кН/м на давлении 200 кПа, 185 кН/м на давлении 150 кПа и 150 кН/м на давлении 100 кПа. Снижение давления с 300 кПа до 100 кПа снижает жесткость шины в 1,9 раза.

2. Проведены лабораторные исследования пневматического упругого элемента подвески. Упругая характеристика пневматического упругого элемента имеет зависимости при вертикальной нагрузке на пневматический упругий элемент в 500 кг 32 кН/м на давлении 150 кПа, 43 кН/м на давлении 300 кПа, и 54 кН/м на давлении 450 кПа. Увеличение давления в пневматическом упругом элементе с 150 кПа до 450 кПа позволяет увеличить жесткость в 1,69 раз.

Список литературы

1. Певзнер, Я.М. Пневматические и гидропневматические подвески / Я.М. Певзнер, А.М. Горелик – М. : Техника. Технологии. Инженерия., 2016. – 19 с.
2. Равкин, Г.О. Пневматическая подвеска автомобиля / Г.О. Равкин. – М. : Техника. Технологии. Инженерия., 2012 – 77 с.
3. Балабин, И.В. Испытания автомобилей / И.В. Балабин, Б.А. Куров, С.А. Лаптев. – М.: Машиностроение, 1988. – 192 с.
4. Певзнер, Я.М. Пневматические и гидропневматические подвески / Я.М. Певзнер, А.М. Горелик. – М.: Машгиз, 1963. – 319 с.
6. Новиков, В.В. Стендовые испытания пневмоподвески с воздушным демпфером в виде дросселя и обратного клапана / В.В. Новиков – М. : Грузовик. 2007. – № 7. – 43-46 с.
7. Балакина, Е. В. Расчёт нормальной жёсткости шин для тракторов и сельскохозяйственных машин на основе радиуса качения колеса / Е. В. Балакина, И. В. Сергиенко, В. А. Коньшин // Тракторы и сельхозмашины. – 2025. – Т. 92, № 2. – С. 157-167. – DOI 10.17816/0321-4443-634161. – EDN RAMYUQ.
8. Годжаев, З. А. Моделирование движения мобильного энергетического средства на шинах сверхнизкого давления / З. А. Годжаев, В. И. Прядкин, А. В. Артемов // Сельскохозяйственные машины и технологии. – 2024. – Т. 18, № 3. – С. 31-38. – DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-3-31-38. – EDN PMEWSSE.
9. Прядкин, В. И. Вибронагруженность штанг самоходного опрыскивателя на шинах сверхнизкого давления / В. И. Прядкин, П. А. Колядин // Тракторы и сельхозмашины. – 2023. – Т. 90, № 6. – С. 543-550. – DOI 10.17816/0321-4443-567796. – EDN RVHJWO.
10. Перспективные мобильные средства на шинах сверхнизкого давления для сельскохозяйственного производства / З. А. Годжаев, В. И. Прядкин, П. А. Колядин,

А. В. Артемов // Тракторы и сельхозмашины. – 2022. – Т. 89, № 4. – С. 277-286. – DOI 10.17816/0321-4443-115016. – EDN EHPEDS.

References

1. Pevsner, Ya.M. Pneumatic and hydropneumatic suspensions / Ya.M. Pevsner, A.M. Gorelik – M. : Technique. Technologies. Engineering., 2016. – 19 p.
2. Ravkin, G.O. The pneumatic suspension of the car / G.O. Ravkin – M. : Technique. Technologies. Engineering., 2012 – 77 p.
3. Balabin, I.V. Testing of cars. / I.V. Balabin, B.A. Kurov, S.A. Laptev. Moscow: Mashinostroenie Publ., 1988. 192 p.
4. Pevzner, Ya.M. Pneumatic and hydropneumatic suspensions / Ya.M. Pevzner, A.M. Gorelik. – M.: Mashgiz, 1963. – 319 p.
6. Novikov, V.V. Bench tests of an air suspension with an air damper in the form of a throttle and a check valve / V.V. Novikov – M. : Truck. 2007. – No. 7. – 43-46 p.
7. Balakina, E. V. Calculation of normal tire stiffness for tractors and agricultural machinery based on the rolling radius of the wheel / E. V. Balakina, I. V. Sergienko, V. A. Konshin // Tractors and agricultural machinery. – 2025. – Vol. 92, No. 2. – pp. 157-167. – DOI 10.17816/0321-4443-634161. – EDN RAMYUQ.
8. Gojaev, Z. A. Modeling the movement of a mobile energy vehicle on ultra-low pressure tires / Z. A. Gojaev, V. I. Pryadkin, A.V. Artemov // Agricultural machinery and technologies. – 2024. – Vol. 18, No. 3. – pp. 31-38. – DOI 10.22314/2073-7599-2024-18-3-31-38. – EDN PMEWSSE.
9. Pryadkin, V. I. Vibration load of self-propelled sprayer rods on ultra-low pressure tires / V. I. Pryadkin, P. A. Kolyadin // Tractors and agricultural machinery. – 2023. – Vol. 90, No. 6. – pp. 543-550. – DOI 10.17816/0321-4443-567796. – EDN RVHJWO.
10. Promising mobile means on ultra-low pressure tires for agricultural production / Z. A. Gojaev, V. I. Pryadkin, P. A. Kolyadin, A.V. Artemov // Tractors and agricultural machinery. – 2022. – Vol. 89, No. 4. – PP. 277-286. – DOI 10.17816/0321-4443-115016. – EDN EHPEDS.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_101-110
УДК 629.33.028

Рубцов Е.Г.

преподаватель кафедры автомобилей
и сервиса Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г.Ф. Морозова, РФ

Сотников Д.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Онищенко Д. О.

доктор техн. наук, профессор кафедры
поршневые двигатели Московского
государственного технического
университета имени Н. Э. Баумана, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Rubtsov E.G.

lecturer at the Department of automobiles and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Sotnikov D.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Onishchenko D. O.

Doctor of technical sciences, professor of the
department of piston engines Bauman Moscow
State Technical University, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

ГИБРИДНЫЕ ТРАНСМИССИИ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ: РЕШЕНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ

HYBRID TRANSMISSIONS FOR PASSENGER CAR: SOLUTIONS AND PROSPECTS

Аннотация. Данная статья рассматривает гибридную трансмиссию на современных легковых автомобилях, производящихся в Российской Федерации. Описаны тип и принцип работы гибридной трансмиссии, а также где производится автомобиль с гибридной трансмиссией.

Abstract. This article considers hybrid transmission on modern cars produced in the Russian Federation. The type and principle of operation of hybrid transmission is described, as well as where a car with a hybrid transmission is produced.

Ключевые слова: трансмиссия, новые технологии, гибридная трансмиссия, электромотор, аккумуляторная батарея, подзарядка, ДВС.

Keywords: transmission, new technologies, hybrid transmission, electric motor, battery, recharging, internal combustion engines.

Введение

В настоящее время люди в качестве средства передвижения и транспортировки всё больше используют автомобиль. Основная масса автомобилей приводится в движение двигателями внутреннего сгорания (ДВС). Основная проблема ДВС заключается во вредных выбросах, которые негативно воздействуют

ют на окружающую среду. Страны европейского союза, пытаясь найти решение данного вопроса, приняли важное решение прекратить использование двигателей внутреннего сгорания к 2035 году. Например, уже в нашем году власти Стокгольма хотят запретить въезд автомобилей с ДВС в центр города. Эти, а также многие другие обстоятельства диктуют срочную потребность в транспортных средствах, способных уменьшить количество вредных выбросов в окружающую среду.

Помимо этого, при проектировании современных двигателей внутреннего сгорания конструкторы в погоне за увеличением экономичности уменьшают рабочий объем, и поэтому зона рабочих оборотов, при которых ДВС может выдать приемлемую мощность, невелика. Чтобы поддерживать двигатель в рабочем диапазоне оборотов и были построены многоступенчатые коробки передач. Увеличение числа передач позволяет конструкторам получить наиболее эффективную работу двигателя и поймать баланс между экономичностью и тяговыми характеристиками.

Однако простого увеличения количества ступеней уже не хватает. Технический прогресс не останавливаясь шагает вперед и заставляет автопроизводителей не только изменять двигатель, а конструктивно менять трансмиссию. Решением этого вопроса стала гибридная трансмиссия.

Плюсом к этому, помимо автомобилестроения развивается ещё и электроэнергетика. Все эти промышленные технологические наработки позволили выйти на одно из наиболее выгодных технологических решений выше сказанных вопросов начать выпускать автомобили с гибридной трансмиссией. Внешне гибрид бывает трудно, а иногда и невозможно отличить от автомобиля с двигателем внутреннего сгорания, однако характерные различия в силовой установке и конструктивном расположении ее компонентов указывают на различия в их эксплуатационных характеристиках.

1. Общий принцип работы гибридной трансмиссии

Гибридные автомобили и технологии (под которыми комплексно понимают проектирование, изготовление и эксплуатацию), основаны на совмещении в энергоустановке двух или более различных типов источников энергии. Как правило, это ДВС, работающий по большей части на бензине, дизельном топливе или газе. Генератором и накопителем электроэнергии является аккумуляторная батарея, или блок суперконденсаторов. Автомобиль с батареей топливных элементов также относится к гибридным. В гибридном автомобиле может

использоваться и комбинация источников крутящего момента и тягового усилия: возможна передача усилия на ведущие колеса как от двигателя внутреннего сгорания, так и от электродвигателя.

Комбинирование источников энергии позволяет в полном объеме использовать их положительные стороны: повышенную энергоемкость одного и большую мощность другого. Появляется возможность использования стационарного режима работы ДВС, в котором он может при аналогичной работе потреблять меньше топлива и выбрасывать минимум вредных веществ. Заряженная аккумуляторная батарея позволяет выключать двигатель внутреннего сгорания на остановках автомобиля. Наличие электродвигателя и аккумулятора позволяет сохранять энергию механического движения транспортного средства при его торможении, или же использовать рекуперацию, что положительно скажется на расходе топлива.

2. Типы гибридной трансмиссии

В основном применяют три основных типа гибридной трансмиссии:

Для начала разберём последовательную комбинацию. В этом случае двигатель внутреннего сгорания работает в паре с электрогенератором. Тепловая энергия от двигателя, преобразованная генератором в электрическую, поступает через блоки управления на тяговый электромотор, который преобразует электроэнергию обратно в механическую для привода ведущих колес автомобиля. Энергия аккумулятора через систему управления компенсирует недостаток энергии двигателем внутреннего сгорания при работе тягового электропривода в тяжелых режимах движения, которыми являются разгон, преодоление подъемов или препятствий и т.д.

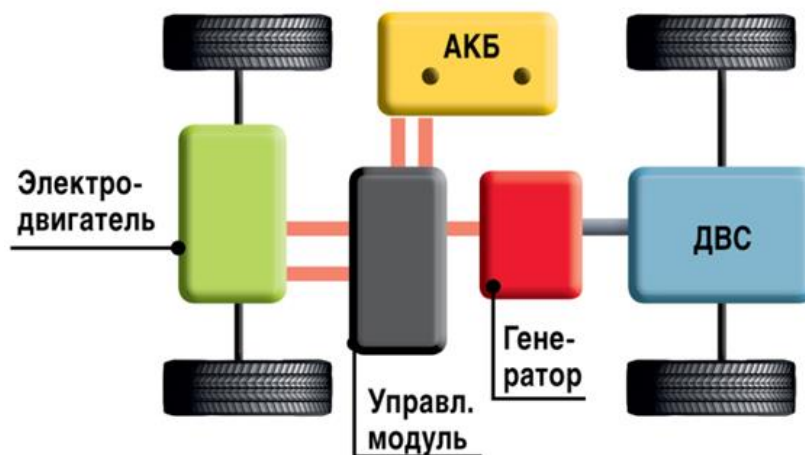


Рисунок 1 – Схема последовательной гибридной трансмиссии

В процессе торможения транспортного средства или движения на спуске происходит рекуперация. Блоки управления переводят механическую энергию движения в аккумуляторную батарею. Основными недостатками последовательного гибрида являются высокие массо-габаритные характеристики, пониженный КПД, так как силовой установке приходится два раза преобразовывать энергию вместо одного, и более высокая стоимость.

Далее рассмотрим параллельную комбинацию. В данной гибридной трансмиссии выходной вал тягового электродвигателя, имеет связь с валом двигателя внутреннего сгорания. Режим работы аккумулятора аналогичен режиму в последовательной схеме. Механическая энергия для привода ведущих колес реализуется параллельными потоками от двигателя внутреннего сгорания и электромотора. Основными положительными сторонами параллельной схемы являются небольшие массогабаритные характеристики и более высокий КПД, однако при параллельной схеме невозможно обеспечить стабильную работу двигателя внутреннего сгорания. Уменьшение количества негативных выбросов в окружающую среду и экономичный расход топлива достигаются по большей части за счет уменьшения рабочего объема ДВС.

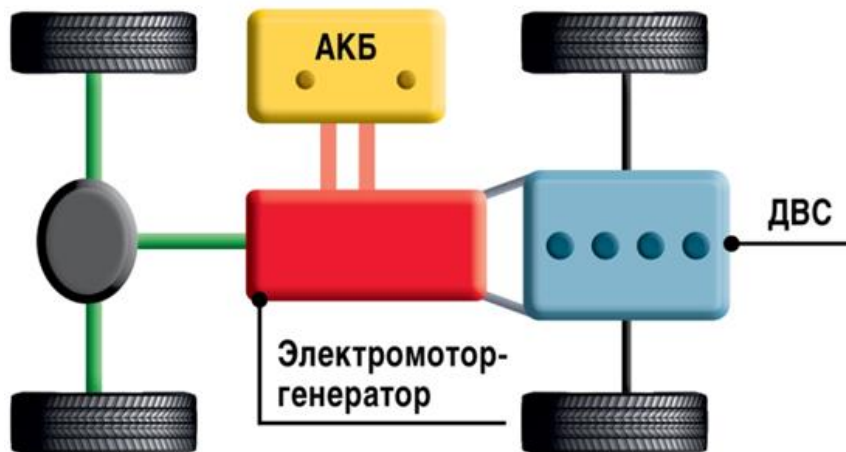


Рисунок 2 – Схема параллельной гибридной трансмиссии

В смешанной комбинации гибрида выходные валы двигателя внутреннего сгорания и тягового электромотора взаимосвязаны, но не жесткой конструкцией, а через несимметричный планетарный дифференциал. Положительным свойством смешанного гибрида можно назвать обеспечение почти постоянной работы двигателя внутреннего сгорания в наиболее оптимальном экономичном режиме, а также перераспределение при минимальных потерях мощности ведущих колес между двигателем внутреннего сгорания и электромотором. К при-

чинам повышенной эффективности смешанной схемы также можно отнести симбиоз характеристик составляющих трансмиссии, а также грамотный алгоритм системы управления.

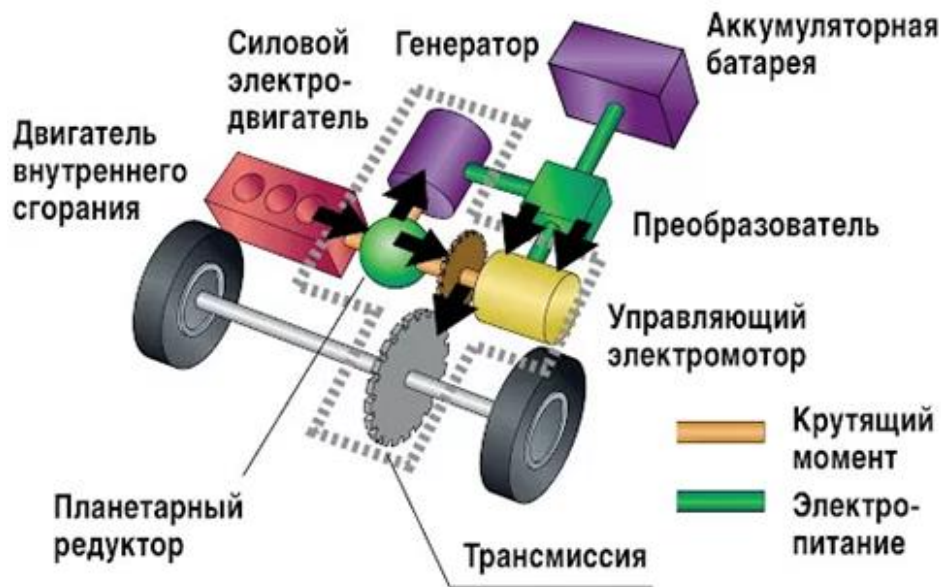


Рисунок 3 – Схема смешанной гибридной трансмиссии

При раздельной комбинации гибрида ведущие колеса транспортного средства крутящий момент поступает от двигателя внутреннего сгорания вне города, на трассе или на бездорожье. От аккумулятора и электромотора крутящий момент на колеса передается при городской езде. Здесь двигатель внутреннего сгорания работает по принципу обычного автомобиля, а тяговый электропривод применяется на относительно небольшие пробеги автомобиля в городской среде.

При любых компоновках гибридной силовой установки аккумуляторная батарея может служить не только дополнительным источником электропитания для достижения необходимой работы электропривода ведущих колес в определенных условиях, но и для того, чтобы запустить двигатель внутреннего сгорания при форс-мажорных обстоятельствах. Устройство управления, которое связывает между собой любые двигатель, аккумуляторную батарею и электрический привод, и контролирует электроэнергию, ее передачу и регулирование, называют также устройством управления потоками мощности.

Учитывая важность вопроса использования гибридных схем рассмотрим их более подробно. Существует большое разнообразие вариантов построения кинематических схем гибридных автомобилей. В гибридном автомобиле может сохраняться традиционная трансмиссия от двигателя внутреннего сгорания к

ведущим колесам с добавлением управляемых сцеплений, бесступенчатых коробок передач и др. При этом электродвигатель, работающий на главную передачу или на другие колеса при параллельной схеме, может осуществлять пуск двигателя внутреннего сгорания при больших отрицательных температурах, а также создавать тяговое усилие в определенных случаях, например, при разгоне и торможении автомобиля. В последовательной кинематической схеме электродвигатель является основным источником тягового усилия; традиционная трансмиссия исключается, и двигатель внутреннего сгорания работает только на генератор, заряжающий буферную батарею. Исключение трансмиссии позволяет использовать тепловые двигатели нетрадиционной конструкции или использовать другие источники электрической энергии. В последовательной схеме возможно применение мотор-колес. Существуют и более сложные, смешанные варианты кинематических схем. Выбор того или иного варианта, распределение мощности тепловых и электрических двигателей, энергоемкости и мощности буферного источника определяются назначением, требованиями к применению транспортного средства, типовыми циклами движения. Отметим, что реализация комбинированной энергоустановки немыслима без использования адекватной системы управления режимами работы тепловых и электрических двигателей, сцеплениями и коробками передач (если таковые имеются), системы управления потоками мощности.

3. Начало появления гибридных автомобилей на дорогах и настоящее время

Первым гибридным автомобилем, который выехал на дороги США, стал в 1999 году двухместный Insight компании Honda Motor Co. Два года ранее на дороги Японии вышел первый коммерческий гибрид Toyota Prius. Где использована комбинация двигателя внутреннего сгорания и электрического двигателя.

Экспериментальные исследования первого коммерческого промышленно производимого пассажирского гибридного автомобиля Toyota Prius в городском движении в Токио показали снижение потребления топлива почти вдвое, несмотря на то, что Prius несколько тяжелее своих аналогов. Испытания Prius, проведенные в Москве и Подмосковье, подтвердили средний удельный расход топлива 6,65 л/100 км и снижение токсичности выбросов в отработавших газах за счет уменьшения объема ДВС, работающего в почти стабильном режиме.

На данный момент большую долю российского рынка новых гибридных автомобилей составляют китайские производители: LiXiang, Skywell, ExlantiX, Voyah.

Если говорить о производстве в России, то здесь легковые автомобили с гибридной трансмиссией встали на конвейер в 2024 году. Новое направление для отечественного автопрома взял на вооружение завод «Моторинвест» из Липецкой области, принадлежащий компании Evolute. На модели i-Space данного автопроизводителя стоит последовательная гибридная трансмиссия.



Рисунок 4 – Гибридный кроссовер Evolute i-Space

В составе силовой установки автомобиля i-Space – электродвигатель и ДВС. Помимо зарядки батареи и генерации электричества, двигатель запускается в помощь электротяге на скорости, заметно превышающей 100 километров в час. Хотя на вождении это никак не сказывается: этому способствуют хорошая шумоизоляция и виброзащищенность.

На данном автомобиле устанавливался рядный четырёхцилиндровый двигатель F31A мощностью 110 лошадиных сил. В июле 2025 года модель i-Space претерпела рестайлинг и получила новый двигатель H15R, который выдаёт уже 95 лошадиных сил. ДВС накапливает энергию в аккумуляторе. Из аккумулятора энергию берёт электродвигатель мощностью 160 киловатт, установленный на задней оси. Аккумулятор трёхкомпонентный, ёмкостью 25,1 кВт*ч. Так же батарея имеет механизм терморегуляции в виде охлаждения и подогрева.

Таблица – Основные технические характеристики данного автомобиля

Показатель	Значение
Колесная формула	4x2
Весовые параметры	
Снаряжённая масса, кг	1900
Полная масса, кг	2450
Максимальная рузоподъёмность, кг	525
Двигатель	
Модель	F31A (H15R)
Тип	бензиновый
Максимальная полезная мощность, л.с.	110 (95)
при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	5000
Максимальный полезный крутящий момент, Нм	135
при частоте вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	4500
Расположение и число цилиндров	рядное, 4
Рабочий объем, л	1.5
Система питания	
Вместимость топливного бака, л	60
Электротяга	
Мощность электродвигателя, кВт	130 (160)
Крутящий момент электродвигателя, Нм	300 (330)
Запас хода на электротяге	87 (120)
Ёмкость батареи, кВт*ч	17.52 (25.1)

ДВС выключается после того, как аккумуляторная батарея полностью зарядилась. Однако электроника внимательно следит за тем, чтобы она полностью не разрядилась, и при достижении критического порога снова запустит двигатель для подзарядки.



Рисунок 5 – Последовательная гибридная установка Evolute

Так последовательная трансмиссия позволяет автомобилю передвигаться в пространстве, пока в баке есть топливо. Расход бензина АИ-92 составляет 5,4 литра на 100 километров, а запас хода на электротяге равен 87 километров. Последовательный "гибрид" исключает жесткую зависимость от зарядных станций – силовая установка способен сам себе генерировать электричество.

Заключение

1. Гибридные автомобили, являясь промежуточным звеном между автомобилями с ДВС и электромобилями, сочетают в себе их наилучшие качества.
2. Гибридная трансмиссия совмещает в себе тяговые характеристики стандартной трансмиссии с ДВС, экономичность и бесшумность трансмиссии электромобиля.
3. Гибриды уже успели занять свою нишу в мировом автомобильном рынке. В том числе гибридные автомобили в значительном количестве ездят по дорогам в России, где уже началось серийное производство автомобилей с данным типом трансмиссии.

Список литературы

1. Буглаев, Н. А. Обзор типов гибридных тяговых приводов / Н.А. Буглаев, А. А. Буглаев. – Брянск: БГТУ, 2024.
2. Павлов, А. А. Силовые установки гибридных электромобилей с электронной безступенчатой трансмиссией / А. А. Павлов, А. Г. Кириллов. – М.: Транспортное дело России, 2023. – №2. – 352-355 с.
3. Добрецова, С. Б. Соединительные механизмы для гибридной трансмиссии автомобиля / С. Б. Добрецова, Р. Ю. Добрецов. – Пермь: Химия. Экология. Урбанистика, 2021. – № 3. – 95-99 с.
4. Хадеев, Р. Г. Трансмиссия для гибридного автомобиля / Р. Г. Хадеев. – Екатеринбург: Международный научно-исследовательский журнал, 2015. – № 2-1 (33). – 106-108с.
5. Котиев, Г. О. Кинематическая схема гибридной трансмиссии для переднеприводных автомобилей / Г. О. Котиев, С. А. Харитонов, М. В. Нагайцев. – М.: Журнал автомобильных инженеров, 2012. – № 1 (72) – 14-20 с.
6. Златин, П. А. Электромобили и гибридные автомобили / П. А. Златин, В. А. Кеменов, И. П. Ксенович. – М.: Агроконсалт, 2004.
7. Филькин, Н. М. Разработка автоматической трансмиссии легкового автомобиля с гибридной энергосиловой установкой / Н. М. Филькин, И. И. Галеев. – М. : Успехи современного естествознания, 2008. – № 4. – 67 с.
8. Имангулов, А. Р. Об упрощении динамической модели трансмиссии гибридного легкового автомобиля / А. Р. Имангулов, Н. М. Филькин. – Ижевск: Интеллектуальные системы в производстве, 2013. – № 2 (22). – 55-58 с.
9. Усов, О. А. Алгоритм управления электромеханической трансмиссией с гибридной силовой установкой / О. А. Усов – М. : Интернет-журнал «Науковедение», 2016. – 8 т. – № 6 (37). – 80 с.

10. Котиев, Г. О. Обзор кинематических схем построения гибридных трансмиссий / Г. О. Котиев, С. А. Харитонов, М. В. Нагайцев. – М. : Журнал автомобильных инженеров, 2010. – № 4 (63). – 40-47 с.

References

1. Buglaev, N. A. Review of types of hybrid traction drives / N. A. Buglaev, A. A. Buglaev. - Bryansk: BSTU, 2024.
2. Pavlov, A. A. Power plants of hybrid electric vehicles with an electronic continuously variable transmission / A. A. Pavlov, A. G. Kirillov. - M.: Transport Business of Russia, 2023. - No. 2. - 352-355 p.
3. Dobretsova, S. B. Connecting mechanisms for a hybrid vehicle transmission / S. B. Dobretsova, R. Yu. Dobretsov. - Perm: Chemistry. Ecology. Urban studies, 2021. - No. 3. - 95-99 p.
4. Khadeev, R. G. Transmission for a hybrid vehicle / R. G. Khadeev. - Ekaterinburg: International Research Journal, 2015. - No. 2-1 (33). - 106-108 p.
5. Kotiev, G. O. Kinematic diagram of a hybrid transmission for front-wheel drive vehicles / G. O. Kotiev, S. A. Kharitonov, M. V. Nagaytsev. - Moscow: Journal of Automobile Engineers, 2012. - No. 1 (72) - 14-20 p.
6. Zlatin, P. A. Electric and Hybrid Cars / P. A. Zlatin, V. A. Kemenov, I. P. Ksenevich. - Moscow: Agroconsult, 2004.
7. Filkin, N. M. Development of an Automatic Transmission for a Passenger Car with a Hybrid Power Plant / N. M. Filkin, I. I. Galeev. - Moscow: Advances in Modern Natural Science, 2008. - No. 4. - 67 p.
8. Imangulov, A. R. On Simplifying the Dynamic Model of a Hybrid Passenger Car Transmission / A. R. Imangulov, N. M. Filkin. - Izhevsk: Intelligent Systems in Production, 2013. - No. 2 (22). - 55-58 p.
9. Usov, O. A. Control algorithm for an electromechanical transmission with a hybrid power plant / O. A. Usov. - M.: Internet journal "Science Studies", 2016. - 8 volumes. - No. 6 (37). - 80 p.
10. Kotiev, G. O. Review of kinematic schemes for constructing hybrid transmissions. / G. O. Kotiev, S. A. Kharitonov, M. V. Nagaytsev. - M.: Journal of Automobile Engineers, 2010. - No. 4 (63). - 40-47 p.

Сотников Д.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Мураткин С.Е.

преподаватель кафедры автомобилей и
сервиса Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Sotnikov D.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Artyomov A.V.

senior lecturer of the Department of cars and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Muratkin S.E.

lecturer at the Department of cars and service,
Voronezh State University of Forestry and
Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ КОРОБКИ ПЕРЕДАЧ ДЛЯ ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

ADVANCED GEARBOXES FOR PASSENGER CARS

Аннотация. В статье рассматривается историческое развитие автомобильных трансмиссий от механических коробок передач до современных гибридных систем. Особое внимание уделено специализированным гибридным трансмиссиям типа Dedicated Hybrid Transmission (DHT), которые обеспечивают интеграцию двигателя внутреннего сгорания и электромотора. Анализируются их конструктивные особенности, принципы работы и преимущества по сравнению с традиционными решениями. DHT рассматривается как следующий шаг в эволюции трансмиссий в условиях активного внедрения гибридных и электрических технологий.

Abstract. The article examines the historical development of automotive transmissions from manual gearboxes to modern hybrid systems. Special attention is paid to specialized hybrid transmissions such as Dedicated Hybrid Transmission (DHT), which enable the integration of an internal combustion engine and an electric motor. Their design features, operating principles, and advantages over traditional solutions are analyzed. DHT is considered the next step in the evolution of transmissions in the context of the active adoption of hybrid and electric technologies.

Ключевые слова: трансмиссия, гибридные автомобили, механическая коробка передач, автоматическая трансмиссия, вариатор, роботизированная трансмиссия, Dedicated Hybrid Transmission, электромобиль.

Keywords: Transmission, hybrid vehicles, manual transmission, automatic transmission, continuously variable transmission, automated manual transmission, Dedicated Hybrid Transmission, electric vehicle.

Автомобильная промышленность за более чем столетний период прошла сложный путь развития силовых агрегатов и трансмиссий. Коробка передач, являясь одним из ключевых узлов автомобиля, эволюционировала от простой механической конструкции до современных гибридных систем, объединяющих преимущества двигателя внутреннего сгорания и электрической тяги [1]. Современные требования к экологичности, экономичности и динамике транспортных средств обусловили появление нового поколения трансмиссий – Dedicated Hybrid Transmission (DHT). Настоящая статья посвящена анализу эволюции коробок передач и рассмотрению роли специализированных гибридных трансмиссий в развитии автомобильной техники [2].

Исторически первой и длительное время основной оставалась механическая коробка передач (рис. 1). Ее достоинствами были простота конструкции, высокая надежность и низкая себестоимость [1]. Однако эксплуатация в городских условиях требовала определённых навыков от водителя и сопровождалась повышенной утомляемостью. Появление автоматической трансмиссии стало значимым шагом вперёд: управление упростилось, а процесс переключения передач был автоматизирован. В то же время конструктивная сложность и более высокий расход топлива ограничивали её широкое распространение на ранних этапах [2].

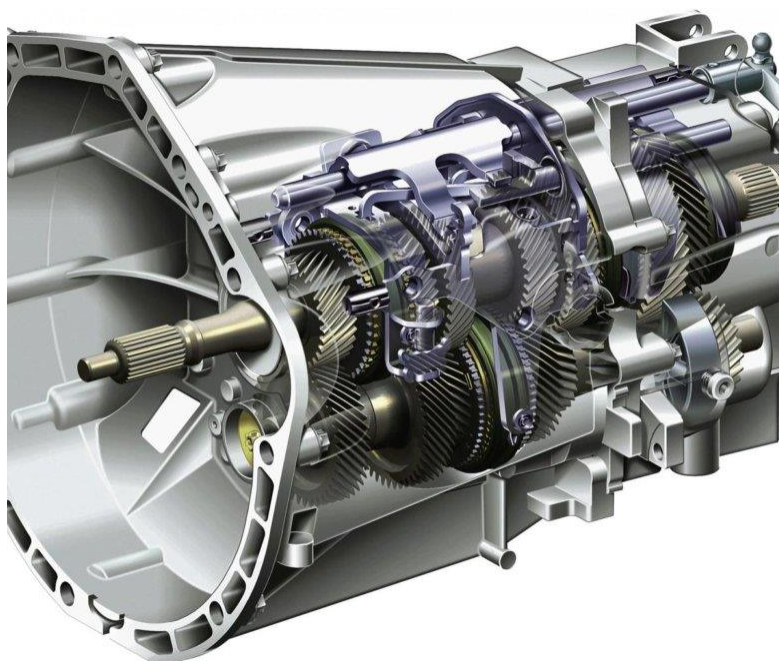


Рисунок 1 – Механическая коробка передач

Гидромеханические трансмиссии (рис. 2) стали логическим развитием механических коробок передач.

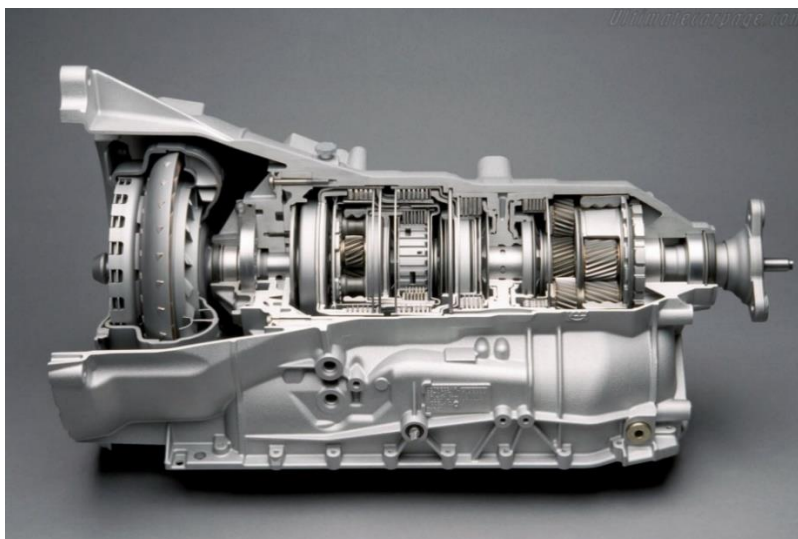


Рисунок 2 – Гидромеханическая коробка передач

Их особенностью является использование гидротрансформатора, выполняющего функции сцепления и обеспечивающего плавность трогания автомобиля. Планетарные ряды позволили автоматизировать переключение передач, а сама конструкция обеспечила сочетание комфорта и долговечности. Недостатками на ранних этапах были высокая сложность, увеличенные масса и расход топлива, однако именно ГМП стали основой большинства классических «автоматов», используемых в легковых и грузовых автомобилях в течение второй половины XX века [1].

Следующим этапом стали вариаторные трансмиссии – CVT (рис. 3), обеспечившие бесступенчатое изменение передаточного числа [1].

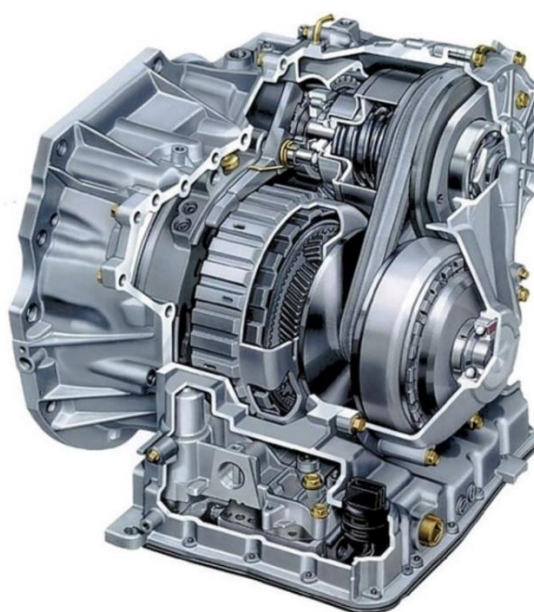


Рисунок 3 – Вариаторная трансмиссия

Это позволило повысить плавность движения и топливную экономичность. Однако ресурс таких систем оставался ограниченным, а восприятие потребителей – неоднозначным. Вслед за ними появились роботизированные трансмиссии, представлявшие собой механическую коробку передач с автоматизированным управлением сцеплением и переключением (рис. 4). Первые однокорпусные конструкции имели низкую стоимость, но характеризовались рывками при переключениях. Дальнейшее развитие привело к созданию роботизированных трансмиссий с двойным сцеплением (DCT), которые сочетали приемлемую стоимость с плавностью и скоростью переключений [1].



Рисунок 4 – Роботизированная коробка передач DCT

Современный этап характеризуется активным внедрением гибридных и электрических технологий. В этой связи трансмиссия DHT, рассматривается как не просто модификация существующих автоматических решений, а принципиально новая концепция, специально разработанная для работы с гибридными силовыми установками [3]. Она сочетает эффективность, комфорт и интеллектуальные алгоритмы управления, обеспечивая баланс между мощностью и экологичностью (табл.).

Существуют различные конструктивные исполнения трансмиссии DHT. Лидерами в разработке трансмиссий данного типа являются компании BYD, Great Wall, Geely, Chery и Changan [4, 5].

В качестве примера можно привести трансмиссию DHT-125 (рис. 5), разработанную компанией Acteco. Она поддерживает множество режимов работы, чисто электрический, гибридный последовательный, параллельный и режим прямой передачи.

Таблица – Сравнительная оценка различных трансмиссий автомобилей

Характеристика	МКПП	Робот	АКПП	Вариатор	ДНТ
Комфорт	Низкий	Средний	Высокий	Высокий	Высокий
Экологичность	Средняя	Высокая	Средняя-низкая	Высокая	Очень высокая
Надёжность	Высокая	Средняя	Высокая	Средняя-низкая	Высокая
Стоимость	Низкая	Средняя – высокая	Высокая	Высокая	Высокая
Подходит для гибридов	Нет	Частично	Ограниченно	Частично	Да (для этого разработанная)

Конструктивные особенности включают наличие двух электродвигателей, широкий диапазон передаточных чисел, а также возможность работы с крутящим моментом до 510 Н·м. Такая трансмиссия рассчитана на применение как в гибридных автомобилях, так и в электромобилях с увеличенным запасом хода [6,7].

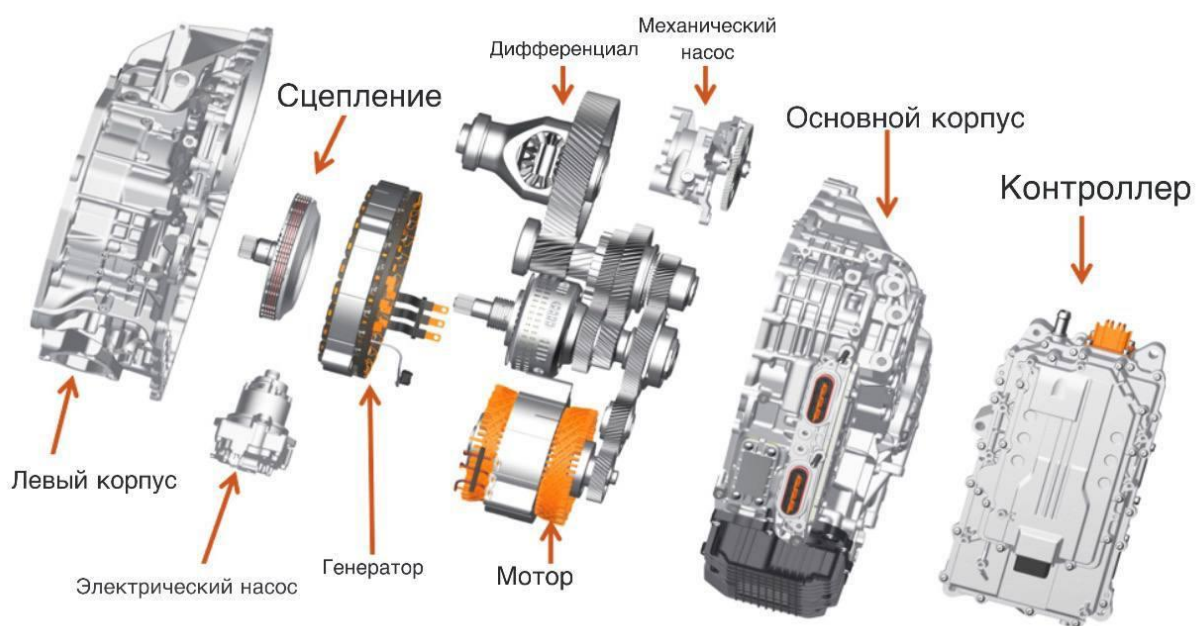


Рисунок 5 – Схема коробки передач ДНТ-125

Принцип работы ДНТ основан на автоматическом выборе оптимального режима движения в зависимости от скорости, нагрузки и состояния аккумулятора (рис. 6). В условиях низких скоростей используется электрический режим; при средней нагрузке – последовательный гибрид, при высоких скоростях – параллельная работа ДВС и электромотора либо прямая передача от двигателя к

колесам. Электронная система управления обеспечивает плавное переключение режимов и оптимизацию расхода топлива [4].

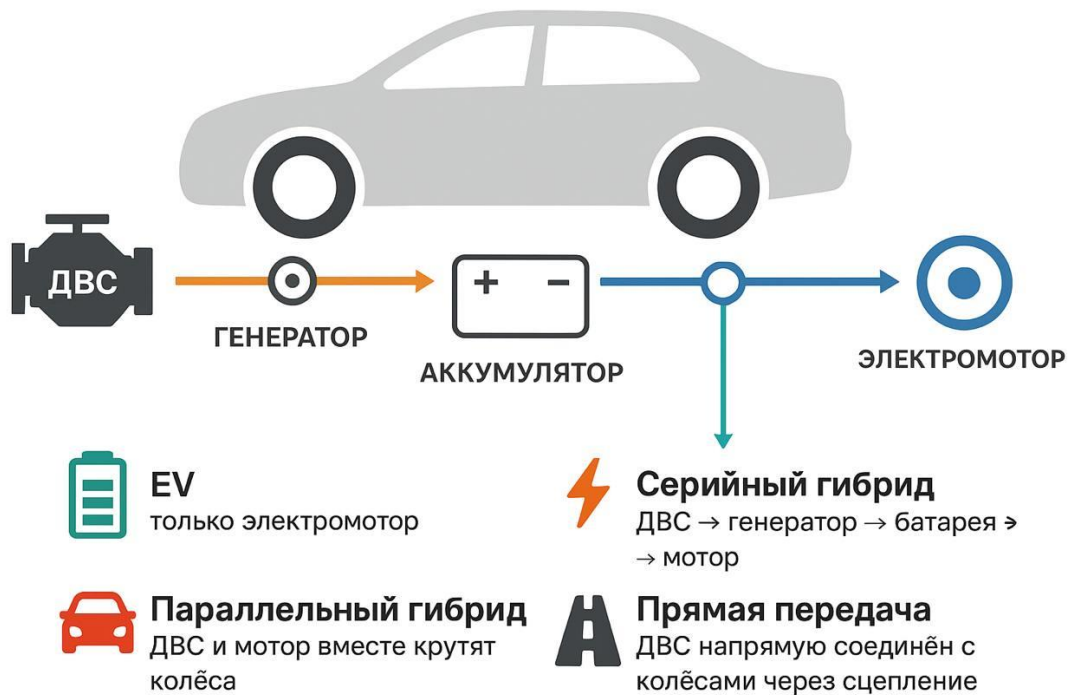


Рисунок 6 – Принципы работы коробки передач DHT

Основные достоинства DHT проявляются в следующем [8]:

- компактность и меньшая зависимость от количества ступеней переключения, что снижает массу и упрощает обслуживание;
- возможность работы двигателя внутреннего сгорания в зоне максимальной эффективности за счет поддержки электромотора, что положительно влияет на расход топлива;
- обеспечение высоких динамических показателей благодаря мгновенной отдаче крутящего момента электродвигателем.
- сбалансированность производительности и экономичности, что делает их привлекательными для производителей и пользователей.

Выводы

Эволюция трансмиссий отражает общий прогресс автомобильной техники: от простых механических конструкций до интеллектуальных систем, интегрирующих несколько источников энергии.

Появление DHT стало закономерным этапом этого развития. Несмотря на сложность конструкции и высокие требования к программному обеспечению, такие трансмиссии обладают значительным потенциалом. Они позволяют объ-

единить преимущества традиционных и электрических систем, делая автомобиль более экономичным, экологичным и удобным для эксплуатации.

Список литературы

1. Гуськов А. В. Трансмиссии автомобилей : учебное пособие. – М. : Машиностроение, 2020. – 352 с. – ISBN 978-5-94275-589-0.
2. Артемьев В. Н. Модульные платформы в компоновочной архитектуре трансмиссий гибридных автомобилей / В. Н. Артемьев, Н. С. Севрюгина // Современные технологии, материалы и техника : сборник научных статей 2-й Всероссийской научно-технической конференции, Воронеж, 20 декабря 2024 года. – Воронеж: Воронежский государственный технический университет, 2024. – С. 16-19. – EDN OTTRHR.
3. DHT. Описание специализированных гибридных коробок передач. – 2025. – URL: <https://www.autotransrus.com.au> (дата обращения: 24.09.2025).
4. Acteco. Гибридная коробка передач. – 2022. – URL: <https://www.actecopowertrain.com> (дата обращения: 24.09.2025).
5. AVL. Гибридная коробка передач. – 2024. – URL: <https://www.avl.com> (дата обращения: 24.09.2025).
6. Журналы «За рулем», «Авторевию». Публикации о специализированных гибридных трансмиссиях DHT. – 2023–2025 гг.
7. Sieg C. Benchmarking of Dedicated Hybrid Transmissions // Energies. – MDPI, 2020. – Vol. 13, No. 22. – DOI: 10.3390/en13226059.
8. He X., Zhang Y. Hybrid Transmission Systems: Design and Development. – Warrendale : SAE International, 2021. – 256 p. – ISBN 978-1-4686-0429-1.

References

1. Guskov, A. V. (2020). Avtomobil'nye transmissii [Vehicle Transmissions]. Textbook. Moscow: Mashinostroenie. 352 p. ISBN 978-5-94275-589-0.
2. Artemiev V. N., & Sevryugina, N. S. (2024). Modular Platforms in the Layout Architecture of Hybrid Vehicle Transmissions. In Sovremennye tekhnologii, materialy i tekhnika [Modern Technologies, Materials and Equipment] : Collection of Scientific Articles of the 2nd All-Russian Scientific and Technical Conference (pp. 16-19). Voronezh: Voronezh State Technical University. EDN OTTRHR.
3. DHT. Description of Dedicated Hybrid Transmissions URL:(2025). Retrieved September 24, 2025. – URL: <https://www.autotransrus.com.au>.
4. Acteco. Hybrid Transmission URL:(2022). Retrieved September 24, 2025. – URL: <https://www.actecopowertrain.com>.
5. AVL. Hybrid Transmission URL:(2024). Retrieved September 24, 2025. – URL: <https://www.avl.com>.
6. Journals "Za Rulem", "Avtoreview". Publications on Dedicated Hybrid Transmissions (DHT). 2023-2025.
7. Sieg, C. (2020). Benchmarking of Dedicated Hybrid Transmissions. Energies, 13(22). MDPI. DOI: 10.3390/en13226059.
8. He X., & Zhang Y. (2021). Hybrid Transmission Systems: Design and Development. Warrendale: SAE International. 256 p. ISBN 978-1-4686-0429-1.

DOI: 10.58168/RAuIPP2025_118-124
УДК 629.114.01

Сотников Д.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Живова Н. В.

Начальник отдела подбора, обучения и
развития персонала. ЗАО «Воронежский
шинный завод», РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Sotnikov D.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Zhivova N.V.

Head of the Personnel Selection, Training and
Development Department. VoronezhTire Factory
CJSC, Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doctor of Technical Sciences, Professor of
the Department of cars and service, Voronezh
State University of Forestry and Technologies
named after G.F. Morozov, Russian Federation

ЗЕЛЕННЫЕ ШИНЫ И ЭКОЛОГИЯ

GREEN TIRES AND ECOLOGY

Аннотация. В статье приведен аналитический обзор влияния шины автомобилей на окружающую среду при их эксплуатации. Приведены основные пути снижения экологической нагрузки на окружающую среду от автомобильного транспорта. Рассмотрены новые инновационные образцы шин с имеющими минимальное воздействие на окружающую среду.

Abstract. This article provides an analytical review of motor vehicles and their environmental impact during their operation. Key ways to reduce the environmental impact of motor vehicles are presented. New innovative designs that minimize environmental impact are discussed.

Ключевые слова: окружающая среда, экология, автомобильные зеленые шины, биоразлагаемые материалы, ресурсосбережение, экономия топлива.

Keywords: environment, ecology, green automobile tires, biodegradable materials, resource conservation, fuel economy.

Введение

Высоким уровнем автомобилизации в ведущих странах мира обусловлено увеличение экологической нагрузки на окружающую среду от автомобильного транспорта [1]. Основными путями снижения экологической нагрузки на среду при эксплуатации автомобилей являются: снижение выбросов отработавших газов двигателей внутреннего сгорания и выбросов от износа тормозных колодок и фрикционных сцеплений; уменьшение образования резиновой пыли при износе шин и выделения вредных веществ при их старении; снижение шума от

работающих двигателей, узлов трансмиссии и взаимодействия протектора шин с дорожным полотном [2].

Современный автопром стремится к снижению негативного воздействия на окружающую среду. Существенное негативное влияние на окружающую среду при эксплуатации автомобилей оказывают их шины. В настоящее время мировой шинной промышленностью ежедневно производится более 2 млн. новых шин, при этом около 4 млрд. шин одновременно находятся в эксплуатации [3]. Поэтому снижение экологической нагрузки от автомобильных шин на окружающую среду является глобальной проблемой.

В зарубежных странах контроль, за уменьшением негативного воздействия шин на окружающую среду и человека, проводится в соответствии с Международными стандартами серии ISO14000, так же введены национальные нормы по выбросам углеродосодержащей пыли.

Традиционные автомобильные шины изготавливаются из смеси синтетического и натурального каучука, углеродной сажи, нефтепродуктов и других химических соединений, а также металлических и синтетических материалов (рис. 1) [4]. Их производство и последующая утилизация приводят к значительному выбросу углерода и образованию трудноразлагаемых отходов.

Анализ структуры основных компонентов шин показывает, что кроме натурального каучука, получаемого из возобновляемого источника, все остальные компоненты получают из невозобновляемых ископаемых доступными в природе.



Рисунок 1 – Структура компонентов современных шин

Одним из значимых шагов на пути к снижению негативного влияния шин автомобилей на окружающую среду является разработка и создание так называемых «зеленых» шин [5,6]. Мировой опыт ведущих шинных компаний показал, что опытно-конструкторские и исследовательские работы по созданию «зеленых шин» ведутся по следующим трем направлениям: замены компонентов из невозобновляемых ископаемых на компоненты из возобновляемых источников; применение компонентов из переработанного сырья и внедрения новых технологий со сниженным углеродным следом. Эти инновационные шины отличаются менее вредным составом, сниженным сопротивлением качению и повышенной долговечностью, что напрямую влияет на снижение воздействия транспорта на экологию (рис. 2).

Экология, связанная с шинами – это прежде всего ресурсосбережение, экономия энергии, защита окружающей среды и вторичная переработка шин. Повышение экологической совместимости шин с окружающей средой требует создания передовых технологий производства шин и проведения поисковых научно-исследовательских работ по разработке принципиально новых материалов и компонентов для их производства [7,8].



Рисунок 2 – Концепция зеленой шины

Ведущие мировые производители шинной отрасли создают новые инновационные образцы шин с учетом минимального воздействия на окружающую среду. В рецептуре шин преобладают экологичные материалы, такие как натуральный каучук, биополимеры и переработанные компоненты, которые обладают сниженным сопротивлением качению, что уменьшает расход топлива, выбросы CO₂. Шины из резиновой смеси с этими компонентами так же имеют

увеличенный срок службы, что сокращает количество отходов, а повышение сцепления с дорогой достигается за счет новых технологий их производства. «Зеленые» шины позволяют не только снизить экологическую нагрузку на окружающую среду и человека, но повысить безопасность вождения благодаря наличию сниженного тормозного пути.

Первые «зеленые» шины были разработаны в начале 90-х годов компания Michelin, однако исследования в этой области за последнее время шагнули далеко вперед. Опытно-конструкторские разработки по созданию данного класса шин направлены на повышение таких выходных характеристик шин как сопротивление качению, сцепление на сухом и мокром покрытии, ресурс. Компания внедряет инновационные составы резины, которые обеспечивают более длительный срок службы и повышают износостойкость. Это позволяет шинам сохранять свои эксплуатационные характеристики даже при интенсивной эксплуатации, что делает их идеальными для различных типов автомобилей и условий вождения. Шинная компания Michelin активно работает над созданием шин, которые могут быть переработаны. В рамках своей стратегии устойчивого развития компания стремится минимизировать отходы и снизить углеродный след, что является важной частью их корпоративной ответственности. Шины, которые могут быть переработаны, не только помогают сократить количество отходов, но и способствуют более эффективному использованию ресурсов. Это позволяет создать замкнутый цикл, в котором старые шины перерабатываются для производства новых. Такой подход к производству шин снижает потребность в новых материалах и уменьшает негативное воздействие на природу [9].

Компания Michelin разработана концепция 100% экологических шин, которые планируют изготавливаться исключительно из переработанных и биоразлагаемых материалов. Также компания разработала модель Micheline Pimacy, отличающую рекордно низким сопротивлением качению.

Ведущие мировые шинные компании в жесткой конкурентной борьбе активно работают над созданием и внедрением «зеленых» технологий.

Итальянской компанией Pirelli разработана линейка экологических шин, особое внимание уделено автомобилям с электрическими и гибридными двигателями. Линейка шин Pirelli Cinturato включает модели, разработанные для снижения выбросов CO² и повышения топливной экономичности. Инновационные технологии, такие как использование наноматериалов и специальных добавок, помогают улучшить сцепление и уменьшить сопротивление качению, что, в свою очередь, способствует повышению топливной эффективности. В некото-

рых моделях шин *Pirelli* используется более 40% состава компонентов, включающих вторично перерабатываемые или биоразлагаемые компоненты. На шинных заводах *Pirelli* широко внедряются энергосберегающие технологии и возобновляемые источники энергии с низким углеродным следом [10].

Компанией *Pirelli* введена маркировка экологических шин, на боковинах шин имеется новый символ в виде двух стрелок в круге. Данной маркировкой обозначаются модели шин, при изготовлении которых использовалось не менее 50% экологических материалов. Первой шиной, которая получила новую эко-маркировку является *Pirelli P Zero E*, которая более чем на 55% состоит из «зеленого» сырья, то есть полученных из возобновляемых источников или переработанных материалов.



Рисунок 3– Новая маркировка экологических шин

Японский шинный гигант *Bridgestone* делает ставку на технологии возобновляемых материалов. Их шины содержат до 40% компонентов из переработанного сырья, а инновационные полимеры повышают долговечность без потери сцепления с дорогой [11].

Компания *Goodyear* выпустила концепт шины, полностью изготовленной из соевого масла, рисовой шелухи и переработанных пластиковых бутылок. Это одно из самых революционных решений в сфере экологических шин [12].

Научным центром СИБУРа по химическим технологиям - ООО "НИОСТ" разработан проект «зеленые шины», который направлен на разработку технологии, которая позволит на 50% уменьшить энергозатраты на резиносмешение и на 10% – расход топлива в автомобилях благодаря низкому сопротивлению качению нового вида шин [13].

Компания СИБУР создает биорешения и марки с применением вторичного сырья. Так, специалисты компании разработали марку ДССК с использованием растительных и биомасел взамен традиционных нефтяных пластификаторов. Итоговый результат обеспечивает высокую морозостойкость и износостойкость шинных протекторов, что делает их идеальными для холодного климата. Также ведется доработка рецептуры для летнего протектора. Все это доказывает, что шины можно сделать более экологичными при сохранении качества. При реализации данного проекта компании предлагает полностью закрыть резиносмещение на своих предприятиях и отдать производителю право поставлять каучук в чистом виде.

Выводы

1. В настоящее время перед автомобильной отраслью стоит задача внести свой вклад в защиту окружающей среды. «Зеленые» шины позволяют снизить вредные выбросы, сократить расход топлива и уменьшить количество отходов.
2. Разработка и создания инновационных «зеленых» шины из возобновляемых материалов является одним из важных направлений шинной отрасли по снижению вреда, наносимого автомобилями окружающей среде.

Список литературы

1. Липина С.А., Агапова Е.В., Липина А.В. Зеленая экономика. Глобальное развитие. – М.: Изд-во Проспект, 2016. – 234 с.
2. Автомобили: Эксплуатационные свойства. Учебник для студ. высш. учеб. заведений / В.К. Вахламов. - М.: Издательский центр "Академия", 2005. - 240 с.
3. Автомобильные шины, диски и ободья / В.Е. Евзович, П.Г. Райбман. - М.: Автополис- плюс, 2010. - 144 с:
4. Новая книга о шинах / К. Бакфиш, Д. Хайнц. - М.: ООО «Издательство Астрель»: ООО «Издательство АСТ», 2003. - 303 с.
5. Петрушов, В. А. Конкретные возможности мероприятий платформы "Электромобиль" и программы "Зеленая шина" / В. А. Петрушов // Журнал автомобильных инженеров. – 2015. – № 6 (95). – С. 28-30.
6. Александров, И. В. Технологии современных шин: от разработки до производства. – М.: Транспорт, 2020. – 256 с.
7. Рачинский, А. В. В XXI век - на "зеленой" шине / А. В. Рачинский // Производство и использование эластомеров. – 2007. – № 1. – С. 14-15.
8. Хомич, В. А. Кремнеземные наполнители для "зеленых" шин / В. А. Хомич, Г. Карпова // Развитие дорожно-транспортного комплекса и строительной инфраструктуры на основе рационального природопользования : материалы VII Всероссийской научно-практической конференции (с международным участием), Омск, 26–27 апреля 2012 года. Том Книга 1. – Омск: Сибирский государственный автомобильно-дорожный университет (СибАДИ), 2012. – С. 208-211.
9. Кавун, С. М. Особенности и преимущества использования антиозонантакавантокс ZPPD-f в покровных резинах "зеленых" легковых шин / С. М. Кавун, А. С. Меджибовский,

Н. Ф. Ушмарин // Резиновая промышленность. Сырье. Материалы. Технологии : Доклады XXV юбилейной научно-практической конференции, Москва, 21–25 сентября 2020 года. – Москва: ООО"НАУЧНО-ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ ЦЕНТР "НИИШП", 2020. – С. 17-23.

10. Michelin. (2022). Технологии и инновации. – URL: <https://www.michelin.com> (дата обращения: 05.03.2025).

11. Pirelli. (2022). Инновации в производстве шин. – URL: <https://www.pirelli.com> (дата обращения: 05.03.2025).

12. Bridgestone. (2023). Технологии и инновации. – URL: <https://www.bridgestoneamericas.com> (дата обращения: 05.03.2025).

13. Goodyear. (2022). Технологии и инновации. – URL: <https://www.goodyear.com> (дата обращения: 10.03.2025).

14. СИБУР. (2024). Технологии в производстве шин. – URL: <https://magazine.sibur.ru> (дата обращения: 11.03.2025).

References

1. Lipina S.A., Agapova E.V., Lipina A.V. Green economy. Global Development. Moscow: Prospekt Publishing House, 2016. 234 p.

2. Cars: Operational properties. A textbook for students. higher. Studies institutions / V.K. Vakhlamov. - M.: Izzhatelsky center "Academy", 2005. - 240 p.

3. Automobile tires, rims and rims / V.E. Evzovich, P.G. Raibman - M.: Avtopolis- plus, 2010 - 144 p.:

4. A new book about tires / K. Buckfish, D. Heinz. - M.: ООО"Astrel Publishing House": ООО "ACT Publishing House", 2003. - 303 p.

5. Petrushov, V. A. Specific possibilities of the events of the Electric Vehicle platform and the Green Tire program / V. A. Petrushov // Journal of Automotive Engineers. – 2015. – № 6 (95). – Pp. 28-30.

6. Alexandrov, I. V. Technologies of modern tires: from development to production. – Moscow: Transport, 2020. – 256 p.

7. Rachinsky, A.V. In the XXI century - on a "green" tire / A.V. Rachinsky // Production and use of elastomers. – 2007. – No. 1. – pp. 14-15.

8. Khomich, V. A. Silica fillers for "green" tires / V. A. Khomich, G. Karpova // Development of the road transport complex and construction infrastructure based on rational use of natural resources : proceedings of the VII All-Russian Scientific and Practical Conference (with international participation), Omsk, April 26-27, 2012. Volume 1. Omsk: Siberian State Automobile and Road University (SibADI), 2012. pp. 208-211.

9. Kavun, S. M. Features and advantages of using antiozonantkavantox 3 P PDF in the cover rubbers of "green" passenger tires / S. M. Kavun, A. S. Medzhibovsky, N. F. Ushmarin // Rubber Industry. Raw material. Materials. Technologies : Reports of the XXV anniversary Scientific and Practical conference, Moscow, September 21-25, 2020. Moscow: SCIENTIFIC RESEARCH CENTER "NIISHP" LLC, 2020, PP. 17-23.

10. Michelin. (2022). Technologies and innovations. . – URL: <https://www.michelin.com> (date of request: 03/05/2025).

11. Pirelli. (2022). Innovations in tire manufacturing. – URL: <https://www.pirelli.com> (date of access: 03/05/2025).

12. Bridgestone. (2023). Technologies and innovations. – URL : <https://www.bridgestoneamericas.com> (accessed: 03/05/2025).

13. Goodyear. (2022). Technology and Innovation. – URL: <https://www.goodyear.com> (date of reference: 03/10/2025).

14. SIBUR.(2024). Technologies in tire manufacturing URL: <https://magazine.sibur.ru> (date of request: 03/11/2025).

Татаринцев В.Ю.

ассистент кафедры автомобилей и сервиса
Воронежского государственного
лесотехнического университета
имени Г.Ф. Морозова, РФ

Сотников Д.А.

студент 4 курса автомобильного факультета
Воронежского государственного
лесотехнического университета имени
Г. Ф. Морозова, РФ

Артёмов А.В.

старший преподаватель кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Прядкин В.И.

доктор техн. наук, профессор кафедры
автомобилей и сервиса Воронежского
государственного лесотехнического
университета имени Г.Ф. Морозова, РФ

Tatarintsev V.Yu.

assistant of the department of automobiles and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Sotnikov D.A.

4th year student of the Automobile
Faculty of Voronezh State University of
Forestry and Technologies named after
G.F. Morozov, Russian Federation

Artemov A.V.

senior lecturer of the department of cars and
service, Voronezh State University of Forestry
and Technologies named after G.F. Morozov,
Russian Federation

Pryadkin V.I.

Doktor of technical sciences, professor,
department of cars and service, Voronezh State
University of Forestry and Technologies named
after G.F. Morozov, Russian Federation

АДАПТИВНАЯ ПОДВЕСКА ЛЕГКОВОГО АВТОМОБИЛЯ

ADAPTIVE PASSENGER CAR SUSPENSION

Аннотация. В статье рассматривается проблема повышения плавности хода легковых автомобилей, так как от неё зависит комфорт водителя и пассажиров, а также устойчивость автомобиля при прохождении неровностей дорожного покрытия. Самым эффективным решением является применение адаптивной подвески. Приведено сравнение различных типов адаптивных подвесок легковых автомобилей, выявлены их преимущества и недостатки.

Abstract. The article discusses the problem of improving the smoothness of passenger cars, as it affects the comfort of the driver and passengers, as well as the stability of the car when passing roughness of the road surface. The most effective solution is to use adaptive suspension. The comparison of different types of adaptive suspensions of passenger cars is given, their advantages and disadvantages are revealed.

Ключевые слова: адаптивность, подвеска, автомобиль, плавность хода, адаптивная подвеска, регулирование, колебания, безопасность.

Keywords: adaptability, suspension, car, smooth running, adaptive suspension, regulation, vibrations, safety.

Введение

Повышение плавности хода автомобилей неразрывно связано с улучшением комфорта водителя и пассажиров, и для повышения устойчивости автомобиля при движении по дорожному покрытию. Основные трудности заклю-

чаются в нахождении баланса между настройками жёсткости и мягкости подвески, так мягкая подвеска улучшает плавность хода автомобиля, поглощая неровности дороги, но вместе с этим ухудшается управляемость автомобиля. Жёсткая подвеска обеспечивает лучшую управляемость, но передаёт больше вибраций и ударов на кузов, ухудшая комфорт. При попытке смягчить ход возникают сложности с контролем автомобиля на высокой скорости, особенно при поворотах и экстремальном торможении. Необходимо, чтобы подвеска эффективно поглощала удары, но не допускала чрезмерных колебаний, которые могут привести к потере сцепления автомобиля с дорогой [1-3].

Для повышения плавности хода автомобиля требуется применение инновационных материалов и сложных конструкций (использование адаптивной подвески), что в свою очередь увеличивает стоимость автомобиля в целом.

Одним из путей повышения плавности хода автомобилей является применение адаптивной подвески, которая изображена на рисунке 1. Адаптивная подвеска автомобиля (АПА) – это современная система автомобиля, которая способна в автоматическом режиме изменять характеристики подвески в зависимости от дорожных условий, скорости движения и режима управления [4-6].

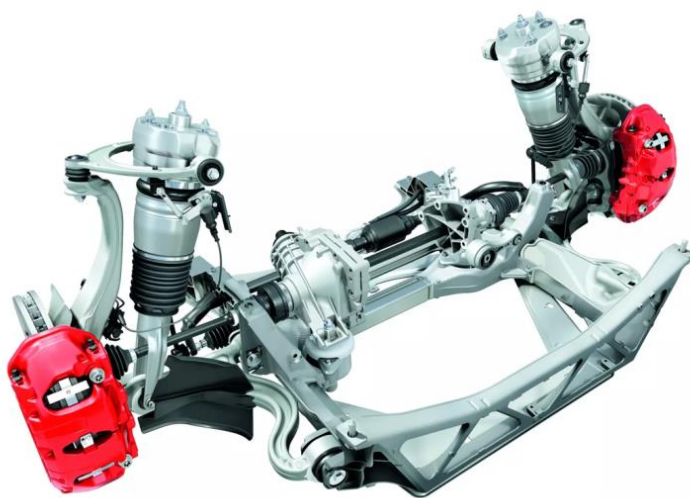


Рисунок 1 – Общий вид адаптивной подвески автомобиля

Назначение адаптивной подвески автомобиля:

- повышение плавности хода за счёт эффективного поглощения неровностей дорожного покрытия;
- улучшение устойчивости и управляемости автомобиля в различных режимах движения;
- снижении раскачивания кузова при маневрировании и торможении автомобиля;

- автоматическая адаптация подвески автомобиля под изменяющиеся условия движения без участия водителя.

Устройство и принцип работы АПА

Устройство АПА представлено на рисунке 2 и включает в себя следующие элементы:

- а) датчики – предназначены для измерения скорости движения автомобиля, угла поворота рулевого колеса, скорость вращения колёс и др.;
- б) электронный блок управления (ЭБУ) – производит анализ полученных данных с датчиков и передаёт команды исполнительным механизмам подвески;
- в) регулируемые амортизаторы – изменяют степень жёсткости в зависимости от типа дорожного покрытия и режима движения автомобиля. Различают амортизаторы с электромагнитными клапанами и с магнитно-реологической жидкостью;
- г) регулируемый стабилизатор поперечной устойчивости – по сигналу от ЭБУ изменяет степень жёсткости при маневрировании.



а) датчики



б) электронный блок управления



в) регулируемые амортизаторы



г) регулируемый стабилизатор поперечной устойчивости

Рисунок 2 – Устройство адаптивной подвески автомобиля

Принцип работы адаптивной подвески

Адаптивная подвеска работает на основе непрерывного сбора данных с датчиков (положения кузова, ускорения, скорости вращения колёс, угла поворота руля и др.). Электронный блок управления (ЭБУ) анализирует информацию и в режиме реального времени регулирует жёсткость амортизаторов или характеристики упругих элементов подвески.

Регулировка может происходить за счёт изменения сопротивления клапанов в амортизаторах (например, с помощью электромагнитных или электродвигательных приводов), либо изменения давления в пневматических или гидравлических элементах. Это позволяет адаптировать подвеску под дорожные условия, нагрузку и стиль вождения, обеспечивая оптимальный баланс между комфортом и управляемостью [7-9].

Виды адаптивной подвески автомобилей представлены на рисунке 3.



Рисунок 3 – Виды адаптивной подвески автомобиля

Гидравлическая подвеска с регулируемой жёсткостью амортизаторов включает клапаны, управляемые электромагнитами или электродвигателями. При изменении сигнала управляющего блока меняется сопротивление амортизатора, что изменяет плавность хода. Пневматическая подвеска с адаптивным управлением использует пневмо-баллоны вместо привычных пружин. Давление в баллонах регулируется автоматически, меняя жёсткость и высоту клиренса. Такая конструкция позволяет менять дорожный просвет и адаптироваться под разную нагрузку. Комбинированная (гидропневматическая) подвеска состоит из гидравлических и пневматических элементов, обеспечивает высокоточную регулировку подвески для максимального комфорта и управляемости [8-10].

В таблице 1 представлены преимущества и недостатки каждого из видов АПА.

Таблица – Преимущества и недостатки адаптивной подвески автомобиля

Преимущества	Недостатки
ГИДРАВЛИЧЕСКАЯ АДАПТИВНАЯ ПОДВЕСКА	
Быстрая и точная регулировка жёсткости под текущие условия	Повышенная стоимость по сравнению с обычными амортизаторами
Улучшение динамики и комфорта при смене режимов вождения	Более сложное техническое обслуживание и ремонтпригодность
Относительно простая конструкция и широкое распространение	В случае выхода из строя — ухудшение управляемости и комфорта
ПНЕВМАТИЧЕСКАЯ АДАПТИВНАЯ ПОДВЕСКА	
Возможность менять дорожный просвет, что удобно при разных дорожных условиях	Высокая стоимость и сложность системы
Отличный комфорт благодаря мягкости и плавности хода	Уязвимость к пробоям и утечкам воздуха
Автоматическая адаптация под нагрузку	Требует систематического обслуживания (компрессоры, трубки, клапаны)
КОМБИНИРОВАННАЯ АДАПТИВНАЯ ПОДВЕСКА	
Высочайший уровень комфорта и плавности хода	Очень высокая цена системы и сложность технического обслуживания
Точная и быстрая адаптация характеристик подвески	Большая масса и сложность конструкции.
Способность выдерживать большие нагрузки и сохранять устойчивость	Ограниченная распространенность из-за дороговизны

Выбор адаптивной подвески зависит от конкретных задач: если нужен компромисс между ценой и комфортом — гидравлическая подвеска (регулируемые амортизаторы); для комфорта и изменяемого клиренса — пневматическая подвеска; для максимального комфорта и динамики — гидропневматическая или активная система, хотя они гораздо дороже и сложнее в обслуживании.

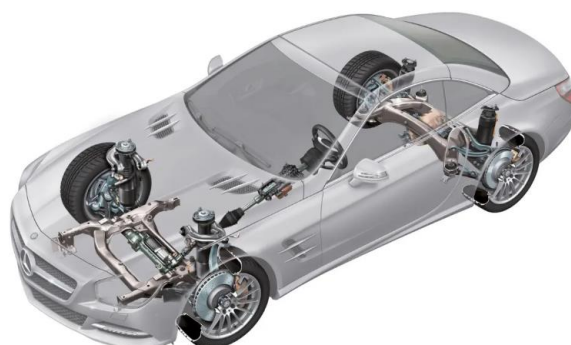
Мировой опыт автопроизводителей АПА

Audi была одним из основоположников в применении адаптивных амортизаторов (Audi Magnetic Ride). Система использует магнитно-реологическую жидкость, что позволяет мгновенно менять вязкость и, соответственно, жёсткость подвески. Эта технология применяется в спортивных моделях и премиум-сегменте, обеспечивая высокую управляемость и комфорт без больших затрат по весу.

Компания BMW внедрила систему Adaptive Drive и Dynamic Damper Control, где подвеска автоматически подстраивается под дорожные условия и режимы вождения. BMW также активно развивает пневматическую активную подвеску в своих моделях, улучшая баланс между спортивностью и комфортом.



а) адаптивная подвеска автомобиля марки BMW



б) адаптивная подвеска автомобиля марки Mercedes-Benz



в) адаптивная подвеска автомобиля марки Opel



г) адаптивная подвеска автомобиля марки Volkswagen



д) адаптивная подвеска автомобиля марки Audi



е) адаптивная подвеска автомобиля марки Skoda

Рисунок 3 – Адаптивные подвески автомобилей

Выводы

1. Применение адаптивной подвески в конструкциях автомобилей обеспечивает создание максимального комфорта и безопасности, так как АПА автоматически реагирует на изменение состояния дорожного покрытия.
2. Выбор вида АПА зависит от конкретных задач и предпочтений владельца автомобиля.
3. Мировые автопроизводители используют различные технические решения: применение магнитно-реологических амортизаторов, пневматических систем, активных гидропневматических подвесок.

Список литературы

1. Молоцило А.А., Соколянский В.В. Подвеска автомобиля как колебательное звено системы автоматического регулирования // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. – 2022. – № 1(11). – С. 213-216.
2. Bazhenov Yu.V., Amirseiidov Sh. A. The providing of efficiency of steering system and the front suspension of the vehicle // Информационные технологии и инновации в транспорте: Материалы 4-ой Международной научно-практической конференции. – Орел: Орловский государственный университет имени И.С. Тургенева, 2019. – Р. 271-276.
3. Смирнова М.А., Постников А.В. Система автоматического регулирования магнитной подвески для испытательного стенда микромеханических акселерометров // Перспективы науки – 2016: материалы IV международного заочного конкурса научно-исследовательских работ, Казань, 10 октября 2016 года / Научно-образовательный центр "Знание". Том 3. – Казань: Рокета Союз, 2016. – С. 41-43.
4. I'll do it myself. All about adaptive suspensions. – URL: <https://auto.mail.ru/article/54892-yasdelayu-eto-sama-vsyo-pro-adaptivnyie-podveski/> (дата обращения: 06.03.2025)
5. Татаринцев, В. Ю. Системы автоматического регулирования подвески автомобиля / В. Ю. Татаринцев, С. Е. Мураткин, Д. А. Щеклеин // Мехатроника, автоматика и робототехника. – 2025. – № 15. – С. 182-185. – DOI 10.26160/2541-8637-2025-15-182-185. – EDN WFJLJQ.
6. Круглов, С. П. Управление адаптивной подвеской автомобиля на основе идентификационного алгоритма / С. П. Круглов, И. А. Заковырин // Информационные технологии и математическое моделирование в управлении сложными системами. – 2020. – № 3(8). – С. 29-44. – DOI 10.26731/2658-3704.2020.3(8).29-44. – EDN LZLSUX.
7. Об эффективности использования адаптивных амортизаторов в подвесках транспортных средств / А. Ф. Дубровский, С. А. Дубровский, С. В. Алюков [и др.] // Транспорт Урала. – 2018. – № 4(59). – С. 68-73. – DOI 10.20291/1815-9400-2018-4-68-73. – EDN YWYYNV.
8. Горбулич, А. Н. Система управления адаптивной электромагнитной подвеской мобильного энергетического средства / А. Н. Горбулич, О. С. Ведринский, О. И. Поливаев // Современные научно-практические решения XXI века : Материалы международной научно-практической конференции, Воронеж, 21–22 декабря 2016 года / Под общей редакцией В.И. Оробинского, В.Г. Козлова. Том Часть I. – Воронеж: Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2016. – С. 210-214. – EDN XQUINP.
9. Попов, Д. В. Повышение плавности хода подвески путем установки адаптивной подвески / Д. В. Попов, А. В. Губенко // Научно-технические аспекты развития автотранспортного комплекса : Материалы X Международной научно-практической конференции, в рамках 10-го Международного научного форума Донецкой Народной

Республики, Горловка, 31 мая 2024 года. – Горловка: Донецкий национальный технический университет, 2024. – С. 122-127. – EDN RZFYNH.

10. Заковьрин, И. А. Установка по исследованию адаптивного управления подвеской транспортного средства / И. А. Заковьрин, С. П. Круглов // Молодая наука Сибири. – 2021. – № 1(11). – С. 419-428. – EDN MVLHRV.

References

1. Molotsilo A.A., Sokolyansky V.V. Car suspension as an oscillating link in the automatic control system // Fire and technosphere safety: problems and ways of improvement. – 2022. – № 1(11). – Pp. 213-216.

2. Bazhenov Yu.V., Amirseidov Sh. A. The provision of efficiency of steering system and the front suspension of the vehicle // Information technologies and innovations in transport: Proceedings of the 4th International Scientific and Practical Conference. – Orel: I.S. Turgenev Orel State University, 2019, pp. 271-276.

3. Smirnova M.A., Postnikov A.V. Automatic magnetic suspension control system for the test bench of micromechanical accelerometers // Perspectives of Science - 2016: materials of the IV international correspondence competition of scientific research papers, Kazan, October 10, 2016 / Scientific and Educational Center "Znanie". Volume 3. Kazan: Rocket Soyuz, 2016. pp. 41-43.

4. I'll do it myself. All about adaptive suspensions. – URL: <https://auto.mail.ru/article/54892-ya-sdelayu-eto-sama-vsyo-pro-adaptivnyie-podveski> / (date of request: 03/06/2025)

5. Tatarintsev, V. Y. Automatic suspension control systems / V. Y. Tatarintsev, S. E. Muratkin, D. A. Shcheklein // Mechatronics, automation and robotics. – 2025. – No. 15. – pp. 182-185. – DOI 10.26160/2541-8637-2025-15-182-185. – EDN WFJLJQ.

6. Kruglov, S. P. Adaptive car suspension control based on an identification algorithm / S. P. Kruglov, I. A. Zakovrin // Information technologies and mathematical modeling in the management of complex systems. – 2020. – № 3(8). – Pp. 29-44. – DOI 10.26731/2658-3704.2020.3(8).29-44. – EDN LZLSUX.

7. On the effectiveness of using adaptive shock absorbers in vehicle suspensions / A. F. Dubrovsky, S. A. Dubrovsky, S. V. Alyukov [et al.] // Transport of the Urals. – 2018. – № 4(59). – Pp. 68-73. – DOI 10.20291/1815-9400-2018-4-68-73. – EDN YWYYNV.

8. Gorbulich, A. N. Control system for adaptive electromagnetic suspension of mobile power equipment / A. N. Gorbulich, O. S. Vedrinsky, O. I. Polivaev // Modern scientific and practical solutions of the XXI century : Proceedings of the international scientific and practical conference, Voronezh, December 21-22, 2016 / Under the general editorship of V.I. Orobinsky, V.G. Kozlov. Volume Part I. Voronezh: Voronezh State Agrarian University named after Emperor Peter I, 2016. – pp. 210-214. – EDN XQUIHP.

9. Popov, D. V. Improving the smoothness of the suspension by installing an adaptive suspension / D. V. Popov, A.V. Gubenko // Scientific and technical aspects of the development of the automobile transport complex : Proceedings of the X International Scientific and Practical Conference, within the framework of the 10th International Scientific Forum of the Donetsk People's Republic, Gorlovka, May 31, 2024. – Gorlovka: Donetsk National Technical University, 2024. – pp. 122-127. – EDN RZFYNH.

10. Zakovrin, I. A. Installation for the study of adaptive vehicle suspension control / I. A. Zakovrin, S. P. Kruglov // Young Science of Siberia. – 2021. – № 1(11). – Pp. 419-428. – EDN MVLHRV.

Научное издание

АВТОТРАКТОРНАЯ ОТРАСЛЬ РОССИИ:
ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Материалы Всероссийской студенческой научной конференции

Воронеж, 17 апреля 2025 г.

Ответственный редактор В. И. Прядкин

Материалы издаются в авторской редакции

Подписано к изданию 11.11.2025. Объем данных 22,6 Мб
ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет
имени Г.Ф. Морозова»
ФГБОУ ВО «ВГЛТУ». 394087, г. Воронеж, ул. Тимирязева, 8