



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113/.115

### РОССИЙСКИЙ РЫНОК ЭЛЕКТРОМОБИЛЕЙ: СДЕРЖИВАЮЩИЕ ФАКТОРЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Д-р экон. наук **ШУШКИН М.А.**, **ШОЛИНА Д.Д.**, канд. экон. наук **АРТАШИНА И.А.**  
ВШЭ, Нижегородский институт управления (филиал РАНХиГС)  
(shushkin79@mail.ru)

*В исследовании даются ответы на следующие вопросы: готовы ли российские потребители покупать электромобили; какие факторы мотивируют потребителей покупать электромобили; какие факторы ограничивают развитие рынка электромобилей в России; какие рыночные ниши электромобилей имеют высокие перспективы для роста? Исследование проводилось на основе экспертных интервью и массовых опросов потребителей в 2019 г.*

**Ключевые слова:** рынок электромобилей, маркетинговые исследования, перспективные рынки.

#### Shushkin M.A., Sholina D.D., Artashina I.A. THE RUSSIAN ELECTRIC CAR MARKET: CONSTRAINTS AND DEVELOPMENT PROSPECTS

*The study answers the following questions: Are Russian consumers ready to buy electric cars; What factors motivate consumers to buy electric cars; What factors limit the development of the electric car market in Russia; What market niches for electric vehicles have high prospects for growth? The study was based on expert interviews and mass consumer surveys in 2019.*

**Keywords:** electric car market, market research, promising markets.

Большинство крупных мировых автопроизводителей в последние годы реализуют крупные проекты по разработке и выведению на рынок электромобилей: "Тесла", "Ниссан Лиф", "Мини Купер Электрик", "Киа Ниро EV", "Ауди е-трон" и др. [1, 3, 4]. Свой подобные проекты есть и в России — "Зетта", "ГАЗель Некст Электро" и др. Однако если некоторые зарубежные электромобили на нашем рынке уже продаются, то отечественные пока не представлены. Единственной и неудачной попыткой вывода на рынок российского электромобиля была "Эль

Лада". Каковы же перспективы сегмента электромобилей в автомобильном рынке России? Какие факторы могут способствовать, а какие препятствуют его развитию? Готов ли к такой покупке частный потребитель и в каких ещё сферах электромобиль может быть востребован? Для ответа на эти вопросы были проведены исследования и опросы — экспертный и массовый.

На данный момент российский рынок электромобилей находится на стадии зарождения. По состоянию на 1 января 2019 года в нашей стране численность электрических

автомобилей составила 3,6 тысячи штук [5]. Это даже не дотягивает до 0,01 % общего количества легковых автомобилей, имеющих в России. Около 20 % всех электромобилей в России зарегистрированы в Приморском крае (586 штук). Это связано с тем, что в России есть два канала продаж электромобилей: первый — это продажа новых электромобилей с официальных сайтов или в дилерских центрах, а второй — реализация подержанных электромобилей, привезённых в Россию из Японии.

Почти 80 процентов всех электромобилей, зарегистрированных в России, а это 2,8 тыс. единиц, приходится на модель "Ниссан Лиф" (рис. 1). Далее с большим отставанием от первого места идёт "Мицубиси МиЕВ", которых насчитывается 295 шт. На третьем и четвертом местах соответственно находятся "Модель S" (211 шт.) и "Модель X" (108 штук) фирмы "Тесла". Отечественная разработка "ЭлЛада" занимает малую, но значительную для себя

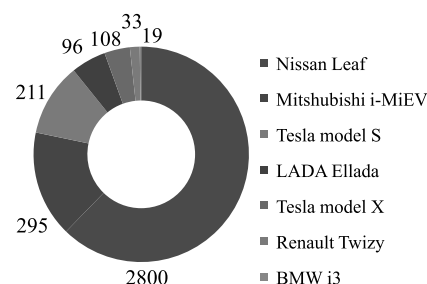


Рис. 1. Число зарегистрированных электрокаров в России на 1 января 2019 года

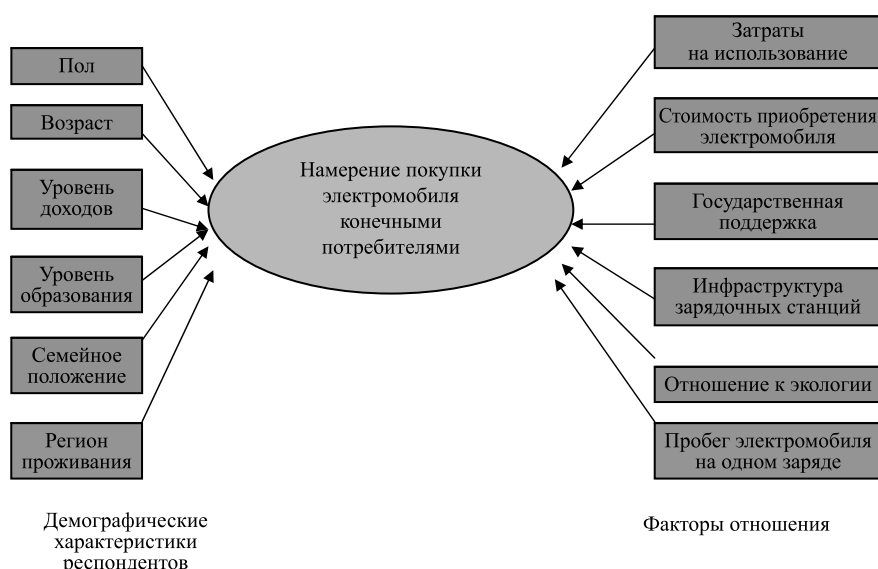


Рис. 2. Исследовательская модель намерений покупки электромобилей потребителями

долю рынка — 96 ед. Остальных моделей ещё меньше: "Рено Твизи" — 33 шт.; БМВ i3 — 19, "Ягуар I-Пис" — 8 шт. [5, 6].

Для оценки отношения потребителей к электромобилям, выявления плюсов и минусов их использования, а в конечном счёте готовности россиян покупать в качестве следующего автомобиля электрический за основу исследования принята модель намерения покупки электромобиля (рис. 2), которая использовалась в схожем исследовании в Китае [2]. В соответствии с этой моделью факторы, влияющие на намерение покупки электромобилей, можно разделить на две группы: характеристики населения (или демографические характеристики) и факторы отношения (или эмоции).

Факторы отношения в упомянутом китайском исследовании включают: принятие внешнего облика автомобиля, его производительность, стоимость приобретения, степень государственной поддержки, затраты на использование, отношение к экологии и развитость инфраструктуры зарядных станций. Для нашего исследования мы взяли следующие факторы: затраты на использование; стоимость приобретения; поддержка государства; развитость инфраструктуры зарядочных станций; отношение к экологии; пробег на одной зарядке. Последний фактор добавлен в связи с тем, что на территории нашей страны расстояния

между пунктами назначения могут быть весьма значительными. Эти факторы отношения стали основой первого раздела опросника.

Демографические факторы нашего исследования включают: пол, возраст, уровень образования, семейное положение, уровень дохода и место проживания. Здесь мы также добавили одну дополнительную характеристику — место проживания, так как в разных регионах России возможности для создания инфраструктуры зарядных станций существенно разнятся, а население обладает различными потребительским поведением, покупательной способностью и взглядами на экологические проблемы.

Работая над демографическими факторами, сформировали пять возрастных групп: *младше 18 лет* — потребители завтрашнего дня; *18–24 года* — студенческий возраст; *25–30 лет* — молодые специалисты, начинающие свою карьеру; *31–39 лет*, когда приоритеты обычно меняются с карьеры на создание семьи и рождение детей; *старше 39 лет* — люди, достигшие уже своей лучшей должности, имеющие семью и детей.

Для обоснования будущего анализа и проверки результатов выдвинули ряд предположений: 1) население только крупных, хорошо развитых городов России готово к покупкам электромобилей и их использованию в своей повседневной жизни;

2) инфраструктура для использования и зарядки электромобилей в стране развития недостаточно; 3) наиболее важными факторами, влияющими на решение о приобретении электромобиля, для россиян будут затраты на использование, стоимость и время, необходимое для полной зарядки аккумулятора; 4) поддержка государства в форме субсидий на приобретение и использование электромобилей может стать значительным фактором, влияющим на решение о такой покупке.

В исследовании приняли участие 355 респондентов. География исследования: Москва и Московская область (90); Санкт-Петербург и область (21), Нижний Новгород и Нижегородская область (90); Казань и Республика Татарстан (48); другие города Поволжья — Чебоксары, Ульяновск, Самара, Саратов, Уфа, Тольятти и Йошкар-Ола (19); другие города ЦФО — Иваново, Ярославль, Воронеж (17); Киров и Кировский район (12); Краснодар (4); Крым (3); Екатеринбург и другие города Уральского федерального округа (17); города Сибири — Новосибирск, Омск, Красноярск, Иркутск, Новокузнецк, Якутск (31); Ямало-Ненецкий округ (2) и 1 участник из Хабаровска.

В ходе исследования респондентами были проранжированы факторы, которые потенциально могли бы стимулировать к приобретению электромобилей (рис. 3). Наиболее значимыми оказались: ценовая доступность электромобиля; расстояние, которое может быть пройдено на одной зарядке; стоимость эксплуатации транспортного средства. Примечательно, что более 40 % опрошенных респондентов отметили экологическую ситуацию как одну из основных причин покупки электромобилей, что свидетельствует о возрастающей социальной ответственности покупателей в России.

При этом возможность получения различных субсидий от государства при приобретении и использовании электромобилей не является важным фактором для подавляющего большинства потребителей. Это связано с тем, что несмотря на множество проектов государственного стимулирования развития рынка электромобилей, конкретные меры так и

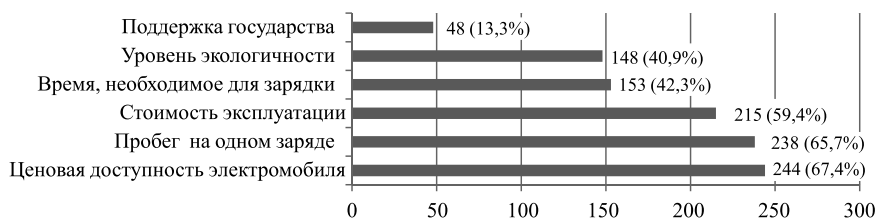


Рис. 3. Факторы, влияющие на приобретение электрокаров в России (число респондентов)

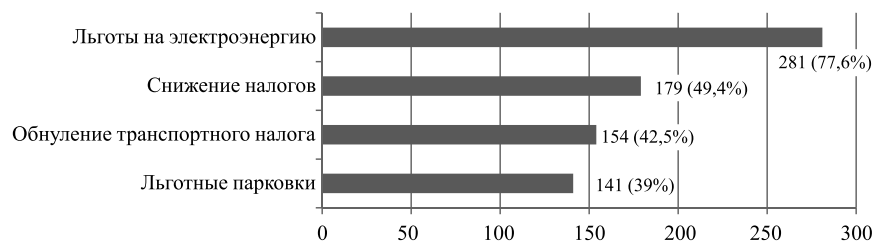


Рис. 4. Востребованность респондентами стимулирующих мер государственной поддержки развития рынка электромобилей (число респондентов)

не приняты. По мере развития таких программ поддержки данный фактор может стать ведущим при принятии решений о покупке электромобилей. Положительный опыт Норвегии, Германии, Китая и других стран свидетельствует об этом. Отношение к электромобилям меняется, когда реализуются такие меры, как: снижение или обнуление транспортного налога, предоставление парковок для электромобилей в центре крупных городов, возможность использования электромобилями полос для общественного транспорта.

Исследование показало, что наиболее привлекательными для респондентов стимулирующими мерами со стороны государства являются: установление льготной цены на электроэнергию для заправки электромобилей и снижение налогов на такие транспортные средства (рис. 4).

Установлено, что по ряду вопросов наблюдается значительная дифференциация мнений респондентов в зависимости от их региона проживания. В связи с этим было принято решение провести дополнительный сравнительный анализ по ряду регионов. В качестве таких тестовых территорий были выбраны: Московский регион, Нижний Новгород, Татарстан, Сибирь и Дальний Восток (см. таблицу). Первым аспектом сравнения была экологическая озабоченность респондента: граждане Татарстана больше заботятся

об экологической обстановке в своём регионе (89,6 % опрошенных респондентов отметили, что готовы действовать во избежание ухудшения экологической ситуации), тогда как среди жителей Подмосковья та-

ких респондентов 88,9 %, а в Нижегородской области 77,7.

В результате опроса выяснилось, что большинство потребителей при покупке электрокара будут делать покупки в самом низком ценовом диапазоне: в нашем опросе это 600–900 тыс. руб. Этот ценовой диапазон отметили 71 % респондентов. Сравнивая готовность платить больше за покупку электромобилей, мы пришли к выводу, что жители Московской области и Татарстана с большей вероятностью будут тратить больше денег на приобретение экологически чистых транспортных средств, чем жители Нижегородской области и Сибири. Однако, несмотря на то, что 64,6 % жителей Татарстана готовы платить на 10, 20 и 30 % больше за электромобили, только 16,4 % из них могут позволить себе потратить более 900 тыс. руб. на такую покупку. Жители Москвы вполне предсказуемо оказались более "щедрыми" в этом вопросе: почти половина (47,8 %) из них может заплатить более 900 тыс. руб.

Показатель	Сравнительный анализ результатов по регионам			
	Москва, Московская область	Нижний Новгород	Татарстан	Сибирь, Дальний Восток
Число респондентов	90	90	48	31
<i>Первый исследовательский аспект</i>				
Доля респондентов (%) с экологической ответственностью				
высокой	88,90	77,70	89,60	83,30
низкой	11,10	22,30	10,40	16,70
<i>Второй исследовательский аспект</i>				
Доля респондентов (%), готовых платить больше при покупке электромобиля по сравнению с классическим автомобилем				
нет	60	48,90	64,60	35,50
да	40	51,10	35,40	64,50
<i>Третий исследовательский аспект</i>				
Доля респондентов (%), готовых покупать электромобили в ценовых диапазонах, руб.:				
600 000–900 000	52,20	72,20	85,40	87,10
более 900 000	47,80	27,80	14,60	12,90
<i>Четвёртый исследовательский аспект</i>				
Доля респондентов (%), согласных с утверждением об отсутствии необходимой инфраструктуры в их регионе, необходимой для эксплуатации электромобилей	100	98,90	100	100

Последним аспектом сравнительного анализа было отношение к инфраструктуре зарядных станций. По этому поводу во всех регионах единодушно сказано, что инфраструктура для электромобилей в РФ развита недостаточно. Это предсказуемо, кроме мнения жителей Подмосковья, потому что этот регион — единственный, где можно встретить на дорогах электрические зарядные станции.

Таким образом, в ближайшие годы не стоит ожидать значительного роста спроса на электромобили в России (в отличие от многих европейских стран и КНР). Это связано в первую очередь с отсутствием внятных планов по развитию инфраструктуры, необходимой для комфортной эксплуатации электрических транспортных средств. В то же время существует множество периферийных сегментов (рыночных ниш), в которых возможен значительный рост парка электромобилей. Для их поиска нами был проведён экспертный опрос. Всего опрошено 15 экспертов — представителей автобизнеса, включая разработчиков и изготовителей транспортных средств, спецтехники и автокомпонентов, руководителей розничных автомобильных сетей, имеющих опыт продаж и обслуживания электромобилей.

В целом относительно перспектив развития рынка электромобилей в России эксперты дали следующую оценку. На данный момент стоимость нового электромобиля определённого класса в среднем в три раза выше автомобиля того же класса с бензиновым двигателем. Такая разница в цене, по мнению экспертов, обусловлена изначально высокой стоимостью электромобилей, а также и высокими таможенными платежами — около 30 % на таможне и 20 % НДС. Ряд экспертов считают, что если цена за электромобиль снизится до цены бензинового и будут обеспечены условия для увеличения очевидной экономии от использования электрокаров (экономии на бензине, на парковке, на транспортном налоге и др.), в России может начаться период замещения обычных автомобилей электрическими. Другим сдерживающим фактором эксперты назвали

недостаточно развитую инфраструктуру для заправки и обслуживания электромобилей.

В то же время, по мнению экспертов, существует ряд рыночных ниш, в которых возможен значительный рост рынка электрокаров уже сейчас. К числу таких эксперты отнесли: внедрение электрокаров в автомобильный парк систем каршеринга; замена грузовых коммерческих автомобилей электрическими (речь идёт о грузовых автомобилях, эксплуатируемых в компаниях, которые используют доступное для электромобилей логистическое плечо); вывод на линии муниципальных электробусов; замена электрическими коммунальной спецтехники, например, снегоуборочных машин, заборщиков мусора и др.

Относительно деятельности каршерингов и возможности внедрения электрических автомобилей в системы почасовой аренды автомобилей, мнения экспертов разделились. Одни утверждают, что несмотря на привлекательность данной идеи, в рамках российской реальности это не представляется возможным опять же в связи с неразвитостью инфраструктуры.

Так, О.А. Смирнов из компании "СпецАвтоИнжиниринг" поделился с нами тем, что их компания уже предлагала свои электромобили различным российским каршерингам, однако не получила ни одного положительного ответа. Представителями каршеринга это было обосновано тем, что заправочных станций недостаточно, а кроме того, велик риск потери электрокаров в связи с их невзвратом арендаторами на специализированные парковки. И правда, вряд ли людям захочется рисковать своим временем при мысли, что электрокар из каршеринга может разрядится на половине пути и будет необходимо как-то его заправить, скорее всего в таком случае электромобиль действительно останется на том месте, где он разрядился. Поэтому в ближайшее время системы каршеринга в России внедрять электромобили не планируют.

Другие эксперты высказывали противоположные мнения. Например И.В. Развин, генеральный директор компании "IOSYA" и в прошлом руководитель отдела разра-

ботки и поддержки систем электро-транспортировки, отмечает, что в системах каршеринга вполне можно применять электрокары, если предоставлять вместе с машиной устройство для подзарядки. Однако нужно учитывать уровень развитости инфраструктуры: электрокар из каршеринга не должен простаивать, когда он припаркован, а должен в это время заряжаться. Если рассматривать европейский опыт, то там есть два вида каршерингов — предоставляющие только машины с бензиновыми двигателями и предоставляющие только электрокары. У каршеринга электрических автомобилей в Европе есть несколько ограничений: автомобиль нельзя просто так оставить на улице в любом месте, есть определённые станции базирования, куда обязательно их парковать (станции оснащены зарядными устройствами. Система электрокаршеринга в Европе, по мнению эксперта, весьма удобна несмотря на некоторые ограничения, а по стоимости сопоставима с проездом на общественном транспорте.

А.В. Дубровин, технический директор ООО "Приволжье-Транс-Сервис НН" также позитивно смотрит на внедрение электрокаров в российские каршеринги. По его мнению, компании, предоставляющие услуги по прокату автомобилей, в скором будущем начинают понимать всю выгоду от расширения своего электрического парка. Инвестиционная привлекательность электромобилей очевидна и может быть изложена в нескольких пунктах: отсутствие вредных выбросов (главное преимущество с точки зрения городских властей, стремящихся улучшить качество воздуха и как следствие более лояльное их отношение к компаниям, предлагающим наибольшее количество электромобилей); ограниченность средней дистанции использования автомобилей в городе делает электромобили оптимальным вариантом аренды; конечная стоимость эксплуатации (ещё один повод арендовать электромобиль, поскольку потребитель выигрывает от снижения затрат на топливо и обслуживание из-за более дешёвого электричества и простоты электромобильной трансмиссии.

Все эксперты считают вполне возможным внедрение электромобилей в сфере грузоперевозок. Одним из факторов, подтверждающих целесообразность таких инноваций, является то, что КПД у электродвигателя выше, чем у любого двигателя внутреннего сгорания. Как известно, электродвигатель способен развивать больший крутящий момент во всём рабочем диапазоне частот вращения, и вопрос лишь в том, от какого источника питать этот электродвигатель...

Все эксперты, являющиеся представителями компании ООО "Приволжье-ТрансСервис НН", связанной с грузоперевозками, считают, что внедрение электротранспорта в их сферу возможно и, кроме того, оно уже осуществляется в европейских странах. Так, например, компания "ДАФ Тракс" передала одной из голландских сетей супермаркетов три электрических грузовика с питанием от аккумуляторов (запас хода ~100 км) для работы по снабжению магазинов. По мнению А. Дубровина, это начало долгосрочных испытаний в реальных условиях для трёх полностью электрических грузовых автомобилей с зарядкой от электросети.

О.А. Смирнов из ООО "СпецАвтоИнжиниринг", занимающегося разработкой и реализацией электрокаров, отмечает, что для полноценной функциональности данной идеи необходимы более мощные батареи, над чем их компания активно работает на данный момент. Он также сообщил, что разработанный их компанией микроавтобус на базе "ГАЗели Некст" может быть изготовлен и в различных грузовых модификациях. Например, в Сочи на базе образовательного центра "Сириус" помимо пассажирского микроавтобуса работает аналогичный автомобиль, переоборудованный под рефрижератор.

Таким образом, можно сделать вывод, что внедрение грузовых электрических транспортных средств вполне возможно, хотя и здесь есть определённые ограничения, связанные опять же с подзарядкой. Для этого необходимо продумать и построить достаточно широкую сеть электрозаправочных станций вне городов, что будет весьма затрат-

ным в связи с огромной территорией страны. Кроме того, основываясь на мнениях экспертов из сферы грузоперевозок, нужно сказать, что это должны быть не просто заправки, а заправки очень мощные, "быстрые", чтобы не нарушать ритмичности перевозок.

Относительно перспектив вывода электробусов на муниципальные общественные маршруты мнения экспертов разошлись. Ряд специалистов высказали мнение, что электробусы, как массовый транспорт, скорее всего не появятся. В городах страны давно развиты маршруты троллейбусов, представляющих собой те же электробусы, но привязанные к контактной сети, однако ни их количество, ни социальная значимость в последние годы не растут. А. Гулин из ООО "Грин Авто" также отмечает, что электробусы практически ничем не лучше трамваев и троллейбусов и не являются такой уж значимой инновацией. Однако его взгляд на их внедрение позитивнее и заключается в том, что общественный транспорт должен в любом случае быть экологичным, будь то электробус или такси-электрокар.

Эксперт А. Дубровин из ООО "Приволжье-ТрансСервис НН" разделяет мнение о том, что электрические автобусы на самом деле являются отличной альтернативой автобусам с ДВС, в первую очередь за счёт значительной экономии на затратах на топливо и положительного фактора для чистоты городского воздуха. О.А. Смирнов, помощник генерального директора ООО "СпецАвтоИнжиниринг" делится тем фактом, что в Москве электробус их разработки уже полгода как вышел на рейс по маршруту Одинцово—Сколково, причём стоимость проезда равна стоимости проезда на обычных автобусах в регионе. Кроме того, эксперт поделился тем, что на данный момент они готовят электрозаправочные станции к размещению на территории ВДНХ в Москве и также участвуют в тендере и надеются, что их электробусы на базе "ГАЗели Некст" выйдут на маршрут по выставке.

Относительно перспектив использования электромобилей для коммунальной техники (снегоубороч-

ных и мусороубирающих машин) в городах России высказались следующим образом. Один из экспертов высказал мнение, что это невозможно, так как условия эксплуатации требуют разной мощности в непредсказуемых условиях климата нашей страны. Данный факт был подтверждён ответом В. Морозова, чья деятельность напрямую связана с коммунальными услугами. Он считает, что нецелесообразно и экономически невыгодно закупать альтернативные виды транспорта для использования в данной сфере в связи с ограниченной проходимостью электрической техники. Такая позиция была объяснена тем, что экономически более выгодно использовать газонокосилки, промышленные пылесосы "от розетки", а снегоуборочную и мусороуборочную технику — с ДВС.

Однако А. Дубровин придерживается иного мнения, он считает, что использование электромобилей весьма востребовано и экономически оправдано в коммунальном хозяйстве. Основная причина для выбора в пользу электротранспорта — экономия топлива. Также не понадобится, по его мнению, сложная и дорогостоящая заправочная инфраструктура, будут экономиться затраты на учёт и контроль ГСМ. Полностью снимется вопрос хищения ГСМ, весьма острый на большинстве коммунальных предприятий. К выгодам от применения электротранспорта относятся также низкие затраты на ремонт и обслуживание. Достигается это в первую очередь простотой конструкции — в электромобиле, как считает эксперт, нечему ломаться. Представитель компании ООО "Грин Авто" также высказал мнение в поддержку ввода электротехники в коммунальные сферы деятельности нашей страны, ведь это действительно сократит выбросы углекислого газа в атмосферу. Использование более ёмких и морозостойких батарей даст такую возможность. В крайнем случае можно дополнительно оснащать технику небольшими бензиновыми генераторами, — для полной уверенности в возможности использования электротехники при больших нагрузках (так называемые плагин гибриды). Также следует отметить

тот факт, что компании ООО "СпецАвтоИнжиниринг" уже даже приходили запросы от различных клиентов на разработку и производство специализированной коммунальной техники, однако на данный момент дальше рассмотрения коммерческих предложений дело не продвинулось.

Таким образом, внедрение коммунальной техники на базе электромобилей возможно и даже в какой-то степени востребовано на территории РФ. В стране есть фирмы, возможности которых позволят разработать и произвести данную технику, однако встаёт вопрос, готовы ли компании из коммунальной сферы и государство закупать альтернативные виды техники и применять их в связи с дороговизной таких инноваций. На наш взгляд, в настоящее время правительству страны необходимо позаботиться о формировании положительного отношения компаний к электротехнике, возможно, показав пример самостоятельно или введя определённые льготы для компаний, готовых закупать и внедрять экологичные транспортные средства в свою деятельность.

Далее нам удалось выявить альтернативные нашим предположения о возможных способах применения электрокаров в жизни общества страны для сохранения и улучшения экологии. Это автомобили, обеспечивающие внутреннюю работу предприятий, например, электропогрузчики и складская техника; автомобили для доставки запасных частей для грузовиков и лёгкого транспорта в пределах города; автомобили службы инкассации; автомобили для технических служб аэропортов; автомобили бригадных мастерских или передвижных лабораторий; передвижные рефрижераторы.

Как видим, возможности применения электротранспорта огромны и безграничны. Главное — обеспечить возможность подзарядки и технического обслуживания таких ТС и генерирования нужного количества электроэнергии, а также создать базы хранения запасных аккумуляторных батарей.

Анализируя ответы экспертов на вопросы, посвящённые оценке пер-

спектив развития рынка электрокаров в России и проблем, которые необходимо решить для более широкого распространения электромобилей на территории страны, мы выявили ряд факторов, препятствующих развитию рассматриваемого рынка. Это: общая экономическая ситуация в стране, большинство населения которой находится в режиме "выживания" и для них не может быть и речи о покупке электромобиля (стоимостью втрое большей стоимости бензинового легкового автомобиля); недостаточное число отечественных моделей электрокаров; отсутствие необходимой инфраструктуры, а именно зарядных станций, что в контексте РФ и её больших территорий является наиболее важным фактором; недостаток молодых специалистов в стране для технического обслуживания электромобильного транспорта (в современной России все меньше молодых людей делают выбор в пользу технических специальностей и так называемой "работы руками"); недостаточное внимание к экологическому аспекту со стороны государства и граждан страны; сравнительно (!) низкая стоимость бензина и дизельного топлива.

Говоря о перспективах развития рынка электрокаров все эксперты единогласно высказали мнение, что в ближайшие пять лет ситуация на рассматриваемом рынке сильно не изменится. Несомненно, число электрокаров на дорогах России будет расти, но невысокими темпами. Так, некоторые эксперты прогнозируют в пятилетней перспективе рост автопарка электромобилей в стране на 3—5 % (от текущего количества к 2024 году). По мнению Д.И. Карпухина, развитие рынка будет минимальным и иметь исключительно частный характер.

А. Гулин из ООО "Грин Авто" в этой отрасли с 2012 года. И по его опыту с того времени в развитии рынка электрокаров особых сдвигов не было. Что касается общемирового прогресса, то он прогнозирует появление всё новых моделей электрокаров и в том числе в Китае. Именно благодаря массовому производству во всем мире, будет заметна тенденция снижения цен на электротранспорт. В России же на

данный момент это удел энтузиастов. Пока государство не начнёт субсидировать и отменять ввозные пошлины, глобального перехода на электротранспорт ждать не приходится. Пока только люди с достатком выше среднего экспериментируют и покупают электромобили в качестве второго или третьего ТС в семье. Однако он отмечает, что со своей стороны их компания намерена продолжать делать всё возможное для развития данной области. Такое же заявление сделал представитель ООО "СпецАвтоИнжиниринг".

Подводя итоги проведённого исследования, необходимо сказать, что нам удалось подтвердить выдвинутые нами предположения о возможности внедрения электрокаров в общественную жизнь страны. Так, согласно мнениям экспертов, чья деятельность напрямую связана или потенциально может быть связана с электрическим транспортом, электромобили можно внедрять в коммунальные службы, общественный транспорт, а также в деятельность компаний, связанных с грузоперевозками. Возможность внедрения электрокаров в системы каршеринга также присутствует, однако по информации, полученной от экспертов и от представителя каршеринга, в ближайшей перспективе не рассматривается в связи с отсутствием инфраструктуры и необходимостью полностью менять условия аренды. Кроме того, благодаря данному исследованию удалось выявить другие альтернативы применения электротранспорта в общественной жизни страны, а именно как автомобили, обеспечивающие внутреннюю работу предприятий, например, электропогрузчики и складская техника, автомобили для доставки запасных частей для грузовиков и лёгкого транспорта в пределах города, автомобили служб инкассации и технических служб аэропортов, ровно так же как и автомобили передвижных лабораторий или автомобили рефрижераторы. Напомним, что был выявлен ряд ограничений в использовании электрокаров. Это в первую очередь необходимость развития инфраструктуры зарядных станций и технических сервисов для электромобилей по всей стране. Кроме того, выявлен недостаток как госу-

дарственной поддержки для компаний, разрабатывающих и производящих электрокары на территории страны, так и мотивирующих факторов к приобретению и использованию электрокаров для граждан. Тем не менее развитие рынка электрокаров в России является перспективной областью с большим количеством возможностей и большим полем для разработок и внедрения инноваций как в производстве самих электрокаров, так и в

обеспечении технического обслуживания данного вида транспорта.

### Литература

1. Beatriz Junquera, Blanca Moreno, Roberto Alvarez. 2016. Analyzing consumer attitudes towards electric vehicle purchasing intentions in Spain: Technological limitations and vehicle confidence. *Technological Forecasting & Social Change* 109 (2016) 6—14.
2. Boqiang Lin, Wei Wu. 2017. Why people want to buy electric vehicle: An empirical study in first-tier cities of China. *Energy Policy* 112 (2018) 233—241.

3. Johan Jansson, Annika Nordlund, Kerstin Westin. 2017. Examining drivers of sustainable consumption: the influence of norms and opinion leadership on electric vehicle adoption in Sweden. *Journal of Cleaner Production* 154 (2017) 176—187.
4. Joram H.M. Langbroek, Matej Gebecauer, Jon Malmsten, Joel P. Franklin 'Electric vehicle rental and electric vehicle adoption' 2019, *Research Transportation Economics*.
5. Официальный сайт АВТОСТАТ <https://www.autostat.ru/news/35576/>
6. The article 'The market for new electric vehicles in Russia continues to grow' <https://www.autostat.ru/news/33942/>



Группа "АвтоВАЗ" и "Дженерал Моторс" подписали соглашение о выкупе ВАЗом у американской компании 50 % акций тольяттинского СП "GM-АвтоВАЗ". Таким образом предприятие станет 100 % аффилированной компанией Группы "АвтоВАЗ". Финансовые подробности сделки стороны пока не раскрывают. В рамках соглашения завод в течение определенного периода времени продолжит выпуск и продажу автомобилей под брендом "Шевроле-Нива", а в дальнейшем автомобиль получит шильдики "Лада". Никаких изменений для сотрудников обеих компаний не планируется. Действующие контракты с поставщиками и дилерскими центрами остаются неизменными в течение переходного периода. Также в перспективе сама компания "GM-АвтоВАЗ" будет переименована.

В 2019 году Волжский автозавод выпустил новые модели и модификации во всех пяти семействах автомобилей.

"Лада Веста Спорт" для поклонников "энергичного вождения" вышла в продажу в январе. Автомобиль выполнен в гоночном стиле, отличается форсированным мотором и "спортивной" подвеской. В общей сложности в нём более 200 оригинальных деталей и узлов.

"Лада Гранта Драйв Эктив" — рассчитан на аналогичную целевую аудиторию, но в более скромном ценовом сегменте. Отличается динамичным дизайном и оснащается оригинальным шасси от "Лада Спорт", спортивными креслами и аэродинамическим обвесом.

"Лада Гранта Кросс": компактный универсал улучшенной проходимости появился на рынке летом. Автомобиль отличается защитным обвесом кузова и контрастной отделкой интерьера. Он создан для потребителей, ведущих активный образ жизни, и в частности автотуристов. Причем данная модель — самая доступная в линейке "Лада Кросс"

"Лада Ларгус CNG" — двухтопливную модификацию получили сразу три модели данного семейства — универсал, фургон и версия "Кросс". Применение метановой газобаллонной установки повышает ресурс автомобиля и его экологичность, а главное — позволяет вдвое снизить затраты на топливо. Двухтопливные "Ларгусы" поступают в продажу с апреля.

"Лада 4x4" с новым интерьером встала на конвейер в декабре. Автомобиль получили более удобные сиденья, полностью обновленную панель приборов, улучшенный пакет шумо-виброизоляции и систему ЭРА-ГЛОНАСС.

"Лада Иксрей Кросс АТ" — первая вазовская модель с бесступенчатой автоматической трансмиссией; продается — с июля. Автоматическая коробка передач — японской фирмы "Ятко". Трансмиссия агрегируется с японским же двигателем Н4М (83 кВт, или 113 л.с.), который уже приме-

нялся на "Иксрее" и выпускается на ВАЗе по полному циклу (литье, мехобработка, сборка).

"Лада Веста АТ" — аналогичная модификация для кузовов всех типов в семействе "Веста". В продаже — с ноября. Целевая аудитория — семейные люди, живущие в городах. Кстати, в декабре с конвейера автозавода "Лада Ижевск" сошел 400-тысячный автомобиль семейства "Веста", и юбилейном стала как раз модификация "АТ" — седан ярко-синего цвета "дайвинг" в комплектации "Эксклюзив", которая отличается черной обивкой потолка, спойлером на крышке багажника, черными глянцевыми корпусами наружных зеркал, хромированным патрубком выпуска отработавших газов, оригинальным дизайном колесных дисков и обивки сидений, текстильными ковриками салона и стальными накладками на педалях. Помимо этого на юбилейном экземпляре применены такие опции как обогрев руля, электроскладываемые зеркала, противотуманные фары с функцией подсветки поворотов, предусмотренные для автомобилей семейства.



Брянский автомобильный завод предложил методику имитационного моделирования для оценки напряженно-деформированного состояния.

Доклад "Методика оценки динамической нагруженности несущих систем специальных колесных шасси и тягачей" за авторством начальника КБ расчетов и надежности СКБ Брянского автомобильного завода Павла Шалупина и главного конструктора предприятия Вадима Таричко был представлен на IV-ой научно-технической конференции "Математическое моделирование, инженерные расчеты и программное обеспечение для решения задач ВКО". Мероприятие было организовано Концерном ВКО "Алмаз—Антей" (БАЗ входит в состав концерна с 2015 года), и прошло на базе Научно-образовательного центра воздушно-космической обороны "Алмаз—Антей" им. академика В.П. Ефремова.

"К производимой Брянским автомобильным заводом продукции — специальным колесным шасси и тягачам высокой проходимости всегда предъявляются высокие требования в части прочности, долговечности и надежности. В представленной работе рассмотрен вопрос оценки напряженно-деформированного состояния несущих систем специальных колесных шасси и тягачей, которые воспринимают нагрузки при движении по неровностям дороги и служат основанием для

крепления узлов и агрегатов, — рассказал Павел Шалупина. — Мы предлагаем методику имитационного моделирования для оценки НДС, основанную на методе конечных элементов. Применение этой методики позволяет в рамках единого подхода решать широкий спектр задач по исследованию рам практически любой конструкции". Также он отметил, что "новая методика оценки НДС применяется при проектировании изделий гражданского назначения — шасси и тягачей для нефтегазовой отрасли, нужд МЧС, спасателей, для эксплуатации в суровых условиях Крайнего Севера и Арктики".

Всего на конференции было представлено 45 работ, помимо БАЗа, свои предложения и проекты презентовали представители АО "МНИИ "Агат", АО "НИИП им. В.В. Тихомирова", Военно-космической академии им. А.Ф. Можайского, МФТИ, и другие высшие учебные заведения. Экспертное сообщество на конференции было представлено докторами и кандидатами технических, физико-математических наук — руководителями Концерна и его подразделений.



Десять белорусских автобусов "Неман-420211-511" переданы в дар жителям Новороссийска 3 декабря 2019 г. на площади Морского вокзала. Автобусы приобретены АО "Каспийский трубопроводный консорциум" в рамках благотворительного проекта. "Неман-420211-511" производства ОАО "Минский завод колёсных тягачей" имеет низкопольную конструкцию и сидения с антивандалным покрытием. Салон оборудован кондиционером, что чрезвычайно важно в условиях жаркого летнего сезона. Все машины укомплектованы системой экстренного реагирования при авариях ЭРА-ГЛОНАСС, гидравлической двухконтурной тормозной системой, аппарелью для посадки инвалидов-колясочников, местом крепления инвалидной коляски. В автобусах установлена система для информирования и ориентирования слабовидящих пассажиров ("Говорящий город").



●  
Полноприводная и дорожная специальная техника "Урал" была представлена в рамках IV Межрегионального производственного форума "Производительность труда, кооперация и цифровизация". Форум проходил 13 декабря в Челябинске.

На форуме была показана вседорожная комбинированная дорожная машина ВМКД-2015 на новом дорожном шасси "Урал Некст 6×4". Специальное универсальное навесное оборудование разработано компанией ООО "Завод СпецАгрегат" совместно с АО "УралАвтодор" и произведено ООО "Завод СпецАгрегат". ВМКД-2015 предназначена для очистки дорожного полотна и обочины от снега, срезания льда и распределения противогололедных материалов в зимнее время, а также мойки, подметания и обеспыливания дорог и обочин в летнее время.

Накануне форума состоялось испытание новой КДМ на федеральной трассе. Под управлением водителя компании "УралАвтодор" тестируемая машина эффективно справилась с очисткой

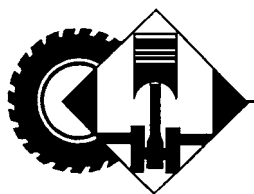
дорожного полотна и обочин от снега, срезанием льда и распределением противогололедных материалов. Данный автомобиль будет поставлен в одну из ведущих дорожно-строительных компаний ОАО "Новосибирскавтодор".

"Дорожные" шасси автозавод "Урал" производит с конца 2018 года. Они могут использоваться как на дорогах общего пользования, так и на технологических. Ряд специальной техники на шасси "Некст 6×4" непрерывно расширяется и пополняется. Новые образцы спецтехники, созданные совместно с партнерами — заводами-изготовителями спецтехники технологичны, функционально эффективны, экономически выгодны.

Второй экспонат — аэродромный пусковой агрегат АПА-5-СА на полноприводном шасси "Урал Некст 6×6", предназначенный для одиночного или группового электростартерного пуска авиационных двигателей летательных аппаратов, питания бортовой электроаппаратуры летательных аппаратов в наземных условиях, а также для буксировки летательных аппаратов к месту сто-

янки и обслуживания. Для полноприводного семейства "Урал Некст" это первый выход на поля аэродромов.

Одним из важнейших вопросов челябинского Форума стала региональная и межрегиональная кооперация. По словам руководства "УралАвтодора", благодаря форуму компания получила возможность сообщать местным производителям техники, спецтехники и навесного оборудования о своих потребностях.



## КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 338.45.01

### ПРОБЛЕМЫ ПРИКЛАДНОЙ МЕХАНИКИ ПРИ СОЗДАНИИ ТЯГОВО-ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ С МЕХАТРОННЫМИ МОДУЛЯМИ

Д-ра техн. наук БЕЛОУСОВ Б.Н., КЕЛЛЕР А.В., ХАРИТОНЧИК С.В.,  
БАХМУТОВ С.В.; канд. техн. наук БЕРДНИКОВ А.А.  
НАМИ, БНТУ, ВА РВСН имени Петра Великого (belousovbn@yandex.ru)

*Излагаются взгляды авторов на современное развитие автомобилестроения. Проведён краткий анализ основных технических тенденций мирового автомобилестроения на примере тяжёлых автопоездов, на базе которых возможно строить техническую политику их развития, в том числе и многозвенных, для важнейших отраслей экономики страны. Отмечается, что главным направлением развития мирового автомобилестроения является внедрение в конструкцию мехатронных систем и модулей. На основе достижений мехатроники и электромеханики авторами предлагается модульный принцип создания автопоезда.*

**Ключевые слова:** автомобиль будущего, тяжёлый автопоезд, транспортная мехатроника, модуль, система, модульный принцип.

### Belousov B.N., Keller A.V., Kharitonchik S.V., Bakhmutov S.V., Berdnikov A.A. PROBLEMS OF APPLIED MECHANICS WHEN CREATING VEHICLES WITH MECHATRONIC MODULES

*The article presents the views of the authors on the modern development of automotive. A brief analysis of the main technical trends of the global automotive industry on the example of heavy road trains, on the basis of which it is possible to build a technical policy for their development, including multilink, for the most important sectors of the country's economy has been carried out. It is noted that the main direction in the development of the global automotive industry is the introduction of mechatronic systems and modules into the design. Based on the achievements of mechatronics and electromechanics, the authors propose a modular principle of creating a train.*

**Keywords:** car of the future, heavy road train, transport mechatronics, module, system, modular principle.

В начале 2000-х гг. на страницах многих журналов развернулась дискуссия инженеров о том, с каким автомобилем мир войдёт в XXII век. В ходе дискуссии были выделены

три группы основных факторов, которые могут повлиять на конструкцию автомобилей в будущем [1]. Эти группы: политические (координация законодательства, техрегу-

лирование и создание единого экономического пространства и т. п.); экономические (топливный резерв и инфраструктура его использования, уровень и распределение благосостояния, степень урбанизации или субурбанизации; соотношение применимость/стоимость имеющихся технологий, включая технологии, связанные с безопасностью транспорта и т. п.); группа социальных факторов (модели поведения людей, способы проведения досуга, стоимость машин и топлива, проблемы окружающей среды, в той мере, как их воспринимает общество, общественные нормы, принятые по отношению к транспортным средствам и т. п.).

Глубокое изучение всех аспектов, высказанных в ходе дискуссии, позволило сформулировать главную проблему, имеющую свои внешние и внутренние противоречия. А именно: перед современным автостроением стоит глобальная проблема — создание транспортного средства будущего [2—10]. Точнее говоря — тягово-транспортного средства (ТТС), под которым подразумеваются и автомобиль, и автопоезд, и трактор. К внешним противоречиям относится необходимость выполнения требований, оформленных законодательно, к активной и экологической безопасности ТТС, как одному из самых



массовых объектов, используемым обществом в настоящее время. Способность ТТС обеспечивать существующие и перспективные требования по активной и экологической безопасности является главным условием, определяющим все остальные потребительские свойства автомобиля и трактора и тем самым его конкурентоспособность. Причём требования эти имеют устойчивую тенденцию к ужесточению. К тому же следует заметить, что сформулированная проблема носит междисциплинарный характер и охватывает практически все стороны жизнедеятельности человека.

Таким образом, перед мировым автомобилестроением стоят задачи, которые традиционными для них методами и техническими решениями выполнить невозможно. Нужны принципиально новые технические решения, обеспечивающие выполнение текущих и перспективных запросов общества. Но разработать такие решения невозможно, так как нет соответствующих научных положений, закономерностей и принципов прикладной науки — теории автомобиля, трактора, особенно для автопоездов. В этом заключается внутреннее противоречие обозначенной выше глобальной проблемы [4—5].

В настоящее время в мировом автомобилестроении идёт процесс, который условно можно назвать "генетической мутацией" конструкции наземных ТТС, качественного изменения их структуры и состава основных силовых устройств, интеграция электронных, электрических, гидравлических, пневматических и механических элементов и существенное повышение роли электроники и систем управления, т. е. широкое внедрение мехатронных систем и модулей в конструкцию автомобиля [10—17].

Понятие мехатроники как науки, используемое в данной статье, иллюстрирует рис. 1.

Мехатронный модуль — это функционально и конструктивно самостоятельное изделие для реализации движений со взаимопроникновением и единой аппаратно-программной интеграцией составляющих его элементов, имеющих различную физическую природу [6, 10]. Таким образом, транспортная мехатрони-



Рис. 1. Физическая суть мехатроники как науки

ка — это синтез электромеханики и микроэлектроники, объединённых общим управлением и оптимизированных по общесистемным критериям. Мехатроника начала своё внедрение в конструкцию транспортных средств с наиболее простого — с внедрения функциональных компонентов управляемых систем. Прежде всего, это были сенсоры и датчики, затем приводы. Следующий этап — симбиоз мехатроники и механических, а также гидравлических, электромеханических и других систем транспортных средств. Этот процесс идёт уже полным ходом и вызван он, прежде всего, постоянным ужесточением законодательных требований по активной и экологической безопасности. Данный этап можно характеризовать как переход от основанного на декомпозиции модульного построения технических систем к системно оптимизированному единому структурам ТС.

Процесс начался с проникновения отдельных компонентов в конструкцию ТС, а затем слияния их в единую структуру, реализующую функциональные компоненты в единой целевой функции подобно мультиагентным системам в компьютерных сетях. Эта тенденция распространяется далее и на силовые компоненты. Первым примером внедрения мехатронных компонентов в конструкцию автомобиля можно считать тормозную систему, которая, постоянно совершенствуясь, в настоящее время уже представляет собой мехатронную систему.

С учётом направлений развития автомобильной энергетики можно говорить о создании бортовых энер-

гетических комплексов (БЭК) ТТС. Они представляют собой как единичные энергоустановки (как правило, дизели), так и комбинацию из энергоустановок, работающих на разных физических принципах (например, электрогенератор, электрохимический генератор, гидростанция, накопительная батарея и т. п.) и имеющие разнесённые системы управления, которые объединяются в общую бортовую информационно-управляющую систему (БИУС). Таким образом, БЭК в конструкции автопоезда представляют собой симбиоз мехатронных модулей, в которых отдельные элементы самостоятельно работать не могут. Например, дизель — без системы управления подачей топлива, тяговый электрогенератор — без блока регулирования, защиты и управления (БРЗУ) и двигателя внутреннего сгорания.

Основной недостаток существующих и модернизируемых бортовых энергетических комплексов — недостаточная мощность, которая выражается в низкой удельной мощности (не более 6,5—7,0 л.с./т) применяемых энергоустановок в объекте. БЭК с тепловыми машинами представлены в основном дизель-генераторными установками, КПД которых определяется циклом Карно. Многочисленными работами доказано, что существующий комплекс требований может быть здесь выполнен при использовании нетрадиционных технических решений с мехатронными модулями.

Анализ возможных вариантов БЭК показывает, что в качестве приоритетного на данном этапе разви-

тия техники можно рассматривать создание комбинированных энергоустановок для каждого звена, состоящих, по меньшей мере, из двух источников: источника энергии и буферного источника мощности. Это позволяет совместить их положительные свойства и получить недостижимые для установок с моноэнергетическими источниками совокупные характеристики.

В системах современных ТТС могут использоваться электропривод, следящий гидропривод и комбинация устройств передачи силового потока.

Под термином "гидропривод" понимается совокупность устройств, предназначенных для передачи и преобразования механической энергии посредством потока жидкости для приведения в движение исполнительных органов (например, колёсного двигателя и др.) и управления этим движением. Под следящим приводом понимается регулируемый гидропривод, в котором величина перемещения выходного звена пропорциональна величине задающего воздействия. Это гидропривод, в котором выходное звено повторяет (точно или пропорционально) движения, заданные звеном управления.

Под термином "Электропривод" понимается электромеханическая система, состоящая в общем случае из преобразователей электроэнергии, электромеханических и механических преобразователей, управляющих и информационных устройств и устройств сопряжения с внешними электрическими, механическими, управляющими и информационными системами, предназначенными для приведения в движение исполнительных органов (например, опять же колёсного двигателя и др.) и управления этим движением.

В тяговом электроприводе ограничиваются максимальный момент и мощность на валу привода. Ограничение максимального момента связано в первую очередь с требованиями, определяемыми механической прочностью и силовой электроникой; ограничение гиперболой мощности определяется мощностью бортовых источников (ДВС, буферного накопителя).

В режиме торможения происходит рекуперация, т.е. возврат кинетической энергии движения транспортного средства. Рекуперированная энергия может поступать в буферный накопитель или сбрасываться в тормозной резистор. Возможен также "сброс" энергии торможения в ДВС через обратимый мотор-генератор, при этом топливо в ДВС не подаётся.

В основном диапазоне мощностей 20—70 кВт наибольшее развитие получили асинхронный электропривод и электропривод с синхронным двигателем на основе постоянных магнитов. Имеются (не очень удачные) примеры использования вентильно-индукторного привода. Из перспективных типов электродвигателей отметим также синхронно-реактивный. Асинхронный электропривод характеризуется наилучшим соотношением цена/качество. Синхронный с постоянными магнитами имеет некоторое преимущество в КПД, но стоит дороже. В асинхронном работа с ограничением мощности обеспечивается при ограничении напряжения питания двигателя за счёт соответствующего ослабления поля. В синхронном приводе с постоянными магнитами поле практически не регулируется, что приводит к необходимости завышения установленной мощности преобразователя в 3—10 раз. Для приводов лёгких транспортных средств это приемлемо; для средних и тяжёлых транспортных средств это приводит к недопустимому удорожанию системы привода.

В тяговом электроприводе появляется возможность существенного снижения массы тяговых двигателей практически без снижения их КПД. Вопросы оптимизации электродвигателей для транспортного применения далеко не тривиальны, они связаны не только с оптимизацией самого двигателя, но и с его охлаждением, конструкцией, выбором режимов его работы во всех областях частот вращения и нагрузок.

Для функционирования системы привода необходимо использование качественной системы управления — частотной или векторной. Такая система должна обеспечивать оптимальный по потерям режим работы двигателей во всех диапазонах час-

тот вращения, электромагнитных моментов, скольжений, индукций и т. п. Однако для тяговых приводов необходимо также учитывать критерий максимального использования имеющихся ресурсов, прежде всего максимальных напряжения питания и тока, которые ограничиваются установленной мощностью силового преобразователя. Требуется, чтобы асинхронный тяговый двигатель мог бы реализовать максимально возможные значения момента, пусть даже и не в режиме максимального КПД, если при данном моменте оптимальный по КПД режим невозможно реализовать при данных ограничениях напряжения и тока.

Альтернативой электромеханической трансмиссии являются гидравлические различных типов. Сравнительные показатели трансмиссий, применяемых в сельскохозяйственных тракторах, приведены в таблице. В совокупности, все эти факторы однозначно свидетельствуют в пользу применения более простой конструктивно, более надёжной, не требующей больших эксплуатационных затрат, имеющей больший ресурс и, следовательно, более перспективной электромеханической трансмиссии.

Рассмотрим кратко основные принципы исследования и проектирования компонентов активного автотопоезда, справедливых и для однозвенного ТТС, на примере электромеханической трансмиссии.

### ***Мотор-генератор***

Типовая область скоростей и моментов мотор-генераторов, работающих совместно в области рабочих режимов ДВС, оптимальных по топливной эффективности и выбросам, характеризуется тем, что максимальный момент реализуется на максимальной частоте вращения. Таким образом, режимы работы электродвигателя в тяговых приводах и в генераторах существенно различаются, что требует соответственного различия в методиках их проектирования.

### ***Система "электрическая машина—механический редуктор"***

Обычно мощности, моменты и частоты вращения выходных (для

тягового двигателя) и входных (для мотор-генератора) валов являются заданными, как правило, известны и желаемые КПД и габариты системы "электродвигатель—редуктор", а также их максимальная масса. Удельные характеристики электродвигателей и редукторов, которые определяются параметрами применяемых материалов и технологий изготовления, существенно различаются. Редукторы, как правило, характеризуются более высокими отношениями удельной массы к передаваемому моменту по сравнению с электродвигателями. Соответствующие показатели, казалось бы, однозначно свидетельствуют в пользу механических редукторов, как по удельному моменту, так и по КПД или потерям. Широко распространено мнение, что выбор редуктора с максимальным коэффициентом передачи и, соответствен-

но, использование электрической машины с максимальной частотой вращения позволяет снизить массу системы "электродвигатель—редуктор". Для обычных электродвигателей это, в целом, справедливо: снижение момента при фиксированном числе пар полюсов позволяет использовать двигатель меньшей массы. Однако для оптимизированных тяговых электродвигателей это не так. Масса оптимизированного двигателя определяется его мощностью и незначительно зависит от частоты вращения. Отсюда следует, что целесообразно исключить механический редуктор, который только увеличивает массу и стоимость системы. Использовать редуктор целесообразно лишь в случае, если габаритные ограничения нарушаются. Приведённый момент инерции вращающихся масс электродвигателя при этом не меняется.

### **Система "электрическая машина—коробка передач"**

Использование коробки передач позволяет снизить как массу, так и габариты тягового двигателя. Отметим, что следует принять во внимание совокупные характеристики электромеханической системы "двигатель—коробка передач", с точки зрения их общей массы и габаритов, а также стоимости, ресурса и других показателей.

Эффективность применения коробки передач тем выше, чем больше отношение максимального электромагнитного момента к моменту, развиваемому на максимальной частоте вращения. Предельное относительное снижение массы двигателя за счёт использования коробки передач можно оценить величиной  $M_{\max} N_{\max} / 2P_{\max}$ . Соответствующее минимальное число ступеней передач оценивается величиной, равной

Характеристика	Сравнительные показатели трансмиссий		
	Электромеханическая	Гидромеханическая	Гидрообъёмная
Экономичность	КПД до 90 % и мало зависит от скорости движения и нагрузки	КПД около 80 % и сильно зависит от скорости движения и нагрузки	КПД около 80 % и мало зависит от скорости движения и нагрузки
Техническое обслуживание	Обслуживание минимально (контроль охлаждающей жидкости, сопротивления утечки)	Замена масла и фильтров. Опасно загрязнение масла	Замена масла и фильтров. Загрязнение масла критично
Чувствительность к окружающей температуре	Прогрев не требуется. Контроль за перегревом электрических машин и силовой электроники при повышенной температуре	При качественном масле перегрев не опасен. Требуется прогрев, возможна аварийная ситуация	При качественном масле перегрев не опасен. Требуется прогрев, возможна аварийная ситуация
Ремонт-пригодность	Ремонт только быстрой заменой блоков. Быстрый, без разборки узлов. Стоимость определяется стоимостью заменяемых блоков	Ремонт возможен с разборкой узлов	Ремонт только заменой блоков. Быстрый, но несколько дешевле, чем электромеханика
Совместная работа с дизелем (ДВС)	ДВС при всех нагрузках и скоростях работает в оптимальном режиме, что экономит топливо	С изменением нагрузки и скорости изменяется нагрузка на ДВС	ДВС при всех нагрузках и скоростях работает в оптимальном режиме, что экономит топливо
Опасные факторы	Высокое напряжение в закрытых электрических машинах и силовой электронике	Не отмечено	Высокое давление жидкости — 400 атм.
Оптимальность тяговой характеристики	Оптимальна для любых машин из-за реализации регулирования и стабилизации момента и скорости	Для сельскохозяйственных тракторов не оптимальна: скорость движения зависит от нагрузки	Оптимальна для любых машин, возможна работа в режиме "автомат" и с фиксированным передаточным числом
Компонуемость	Свободная компоновка приводных машин даёт хорошую развесовку	Жёсткая связь между узлами ограничивает свободу компоновки	Свободная компоновка приводных машин даёт хорошую развесовку
Степень готовности	Разработки, опытная эксплуатация	Серийное производство	Серийное производство компонентов
Ориентировочная стоимость	Электротрансмиссия дороже гидромеханической и примерно на 10 % дороже гидрообъёмной. С уменьшением цен на силовую и управляющую электронику цены сравняются, а возможно, будут меньше. Малые эксплуатационные затраты	Наиболее дешёвая в условиях крупносерийного производства. Значительные эксплуатационные затраты	Трансмиссия дороже гидромеханической примерно на 20 %. Значительные эксплуатационные затраты

логарифму по основанию 2 от отношения  $M_{\max} N_{\max} / P_{\max}$ , с округлением до ближайшего большего целого значения. Реальная эффективность применения коробки передач несколько меньше. Использование коробки передач в тяговом электроприводе увеличивает момент инерции вращающихся масс на низших передачах и снижает момент инерции на высших передачах.

### **Система "электрическая машина—силовой преобразователь"**

Наиболее перспективный промышленный тип силового преобразователя для питания тяговых двигателей в транспортных средствах — автономный инвертор напряжения, работающий в режиме высокочастотной широтно-импульсной модуляции. Инерционность нагрузки позволяет фильтровать высокочастотную составляющую выходного напряжения.

В тяговом приводе важно снижение стоимости комплектного оборудования при обеспечении требуемых тяговых характеристик. Стоимость силового преобразователя, которая составляет основную часть стоимости тягового привода, определяется ценой силовых приборов, пропорциональной установленной мощности преобразователя. Установленная мощность тягового двигателя равна произведению максимального электромагнитного момента на максимальную частоту вращения; значение гиперболы мощности, ограничивающей область реализуемых моментов и часто понимаемое как мощность тягового двигателя, обычно существенно меньше, чем значение установленной мощности ЭД. Возникает вопрос, какому из этих двух значений должна соответствовать установленная мощность силового преобразователя? При использовании асинхронного двигателя ближе к истине второе утверждение, что позволяет существенно снизить стоимость силового преобразователя.

В генераторах максимальный момент развивается на максимальной частоте вращения, и установленная мощность генератора совпадает с максимальной мощностью силового преобразователя. Это ещё раз демонстрирует различия в проекти-

ровании тяговых электроприводов и генераторов. Отметим, что целесообразно использование силовых преобразователей в интегральном, транспортном исполнении.

### **Режимы работы ДВС в гибридной схеме**

С точки зрения повышения топливной эффективности желательно, чтобы рабочие режимы лежали в области многопараметровой характеристики ДВС с минимальным удельным расходом топлива. Снижение потребления топлива при использовании оптимального по топливной эффективности режима может быть существенным, на максимальной мощности до 30 % и более, по сравнению с обычно используемой частотой вращения ДВС.

Особо следует рассмотреть режим работы системы ДВС—мотор—генератор в различных кинематических схемах гибридных транспортных средств.

В системах с электромеханической трансмиссией, без буферного накопителя мотор-генератор должен обеспечивать требуемую по условиям движения мощность. Это означает, что момент мотор-генератора, являющегося нагрузкой ДВС, будет зависеть от частоты вращения. В системе с буферным накопителем и в системе с обычной трансмиссией момент нагрузки ДВС при превышении скорости вращения повышается, при снижении скорости — снижается, что, очевидно, повышает устойчивость работы ДВС. В системе с электромеханической трансмиссией ситуация противоположная. Как следствие, условия устойчивой работы ДВС в такой системе отличаются от систем с традиционной трансмиссией, что требует разработки специальных алгоритмов управления ДВС.

### **Буферные накопители**

Требования к накопителям в конкретных применениях весьма различаются. Например, в некоторых случаях критическим параметром является мощность, а количество запасаемой энергии не важно; в других применениях критическим параметром является энергоёмкость. Есть отличия и в числе циклов за время

работы энергоустановки; различаются требования по надёжности, устойчивости к перегрузкам и т. д., что обуславливает целесообразность выбора того или иного типа накопителя для конкретного применения.

Варианты буферных накопителей: супермаховик; аккумуляторная батарея; суперконденсатор. В гидроприводе для этих целей используются гидроаккумуляторы. Различные по конструкции (поршневые, баллонные, мембранные, сильфонные) и назначению гидроаккумуляторы позволяют получить решения для многих задач. Возможна также комбинация отдельных накопителей (гибридный накопитель). Среди гибридных накопителей отметим совместное использование аккумуляторной батареи и суперконденсатора, что позволяет повысить как удельную энергоёмкость, так и мощность такой системы.

У аккумуляторных батарей имеются следующие недостатки: характеристики разряда снижаются при большой мощности; число циклов существенно зависит от мощности (при большой мощности разряда необходима частая замена батарей); плохо функционируют при низкой температуре; трудность заряда при рекуперации; небезопасны, особенно при полном заряде или разряде.

Суперконденсаторы характеризуются следующим: выдерживают миллионы циклов; плотность мощности примерно на два порядка выше; работают в широком температурном диапазоне; недостаточно энергоёмки.

Учитывая всю совокупность факторов, определяющих выбор накопителя, прежде всего климатическое исполнение и ресурс (эксплуатация без замены накопителя), для реализации рекомендуются промышленно выпускаемые суперконденсаторы и литий-ионные аккумуляторные батареи.

### **Синтез управления комплектным тягово-энергетическим оборудованием**

Комплект приводов звеньев автопоезда, ДВС, буферный накопитель и трансмиссия как объект управления представляют собой сложную взаимосвязанную нелинейную динамическую систему. В такой систе-

ме должен выполняться ряд ограничений на управления и переменные состояния: ограничение напряжений питания двигателей, токов, моментов, частот вращения, диапазонов изменения напряжения звена постоянного тока. Очевидно, необходима разработка специальных алгоритмов, обеспечивающих автономную работу отдельных устройств и устойчивое согласованное управление всеми устройствами, включая ДВС каждого звена и степенями свободы сцепного устройства. Существенным фактором является неопределённость исходных параметров движения: требуемая тяговая мощность заранее не известна, она определяется текущими условиями движения и желаниями водителя; имеющийся резерв мощности также заранее не известен или известен недостаточно точно (максимальная мощность ДВС зависит от многих факторов, таких как качество топлива, атмосферное давление и влажность воздуха, температура, наконец, состояние ДВС и др.). Изменяется также уровень потерь и КПД тягово-энергетического оборудования, изменяется мощность вспомогательных бортовых устройств. В этих условиях необходимо обеспечить баланс мощностей автоматически, не требуя точных данных о состоянии и режиме работы устройств [11, 13–15].

### **Управление многодвигательными системами тяги**

Логика развития транспортных средств с электромеханической трансмиссией (гибридных) неизбежно приведёт к исключению дифференциала и традиционной кинематической передачи, характерной для использования центрального привода. Замена механического дифференциала на электрический позволяет реализовать любое желаемое распределение момента как между колёсами разноименных бортов, так и между ведущими мостами, любое желаемое различие между скоростями их вращения, в том числе с учётом функции руля при поворотах транспортного средства, а также между скоростями ведущих и ведомых колёс (управляемое буксование). При этом механическая передача существенно упрощается, и

сводится, как правило, к планетарному (возможно, многоступенчатому) редуктору.

В транспортных средствах с индивидуальным приводом колёс (по схемам мотор—колесо или мотор—ось) желательно иметь датчики скорости движения ведомых колёс, и/или датчик скорости движения транспортного средства, что позволит реализовать управляемое буксование. Задание момента (тягового усилия) может формироваться не педалью, а регулятором скорости движения, что не меняет суть вопроса.

**Вспомогательные системы** — не выполняют непосредственно основных функций (обеспечения движения гибридного транспортного средства), однако без выполняемых ими обеспечивающих функций работа основного оборудования невозможна. Кроме того, необходимо обеспечить контроль, диагностику и поиск неисправностей, по возможности сократив время, требуемое для восстановления системы.

К вспомогательным системам относятся: источники питания электронного оборудования; устройства систем охлаждения; коммутирующие устройства; информационное табло в кабине водителя; сервисная вычислительная система.

Несмотря на вспомогательные функции к источникам питания компонентов предъявляются очень жёсткие требования по надёжности, эффективности, массово-габаритным показателям, стоимости. Не менее сложной является задача создания эффективных, компактных и надёжных систем охлаждения компонентов — электрических машин, силовой электроники. Комплектное оборудование гибридного транспортного средства является сложной системой. При всей его сложности алгоритмы управления оборудованием, управления движением должны быть направлены на упрощение управления.

Для сопровождения, наладки и диагностики ошибок в сложной системе оборудования необходима разработка специальной сервисной вычислительной системы, которая предназначена для визуализации параметров рабочих характеристик; предоставления и обработки графической информации; загрузки, со-

хранения и отображения в графической и табличной форме переменных всех компонентов, запись, сохранение и последующее отображение аварийных логов ("чёрный ящик"). Сервисная вычислительная система должна в значительной мере упростить процесс наладки и контроля, а также ускорить поиск и устранение неисправностей.

Проектированием немеханической части (электронной, электрической, гидравлической, пневматической и др.) систем тягово-транспортных средств занимаются специалисты из соответствующих областей знаний. Однако применительно к объекту, т. е. к ТТС, основные технические требования и принципы, методологию применения в конструкции, например, автомобилей, гибридных систем, как систем мехатронных модулей, формируют автомобильно-механики. В этом уже накоплен огромный опыт проектирования, который требует обобщения и осмысления.

Основной недостаток работ, проводимых в области создания ТТС с электротрансмиссией, — это отсутствие комплексной системной проработки автомобильной электроэнергетической системы и системы автоматического (автоматизированного) управления движением. При этом одним из наиболее существенных недостатков является отсутствие проработок (даже теоретических) и рекомендаций по созданию управляемой генерирующей установки (электрогенератор с регулятором напряжения) автомобильного типа, а также бортовой электрической сети (силовой и распределительной) с аппаратурой коммутации, защиты и управления.

Несмотря на то, что проблемы использования и разработки гибридных систем, в том числе и электротрансмиссии, как системы мехатронных модулей, в конструкции тягово-транспортных средств не являются новыми, до сих пор не обобщён имеющийся опыт и не решён ряд системных вопросов, как в части собственно проектирования электроэнергетического оборудования ТТС, так и в части разработки систем управления движением, в том числе роботизированных. Работы

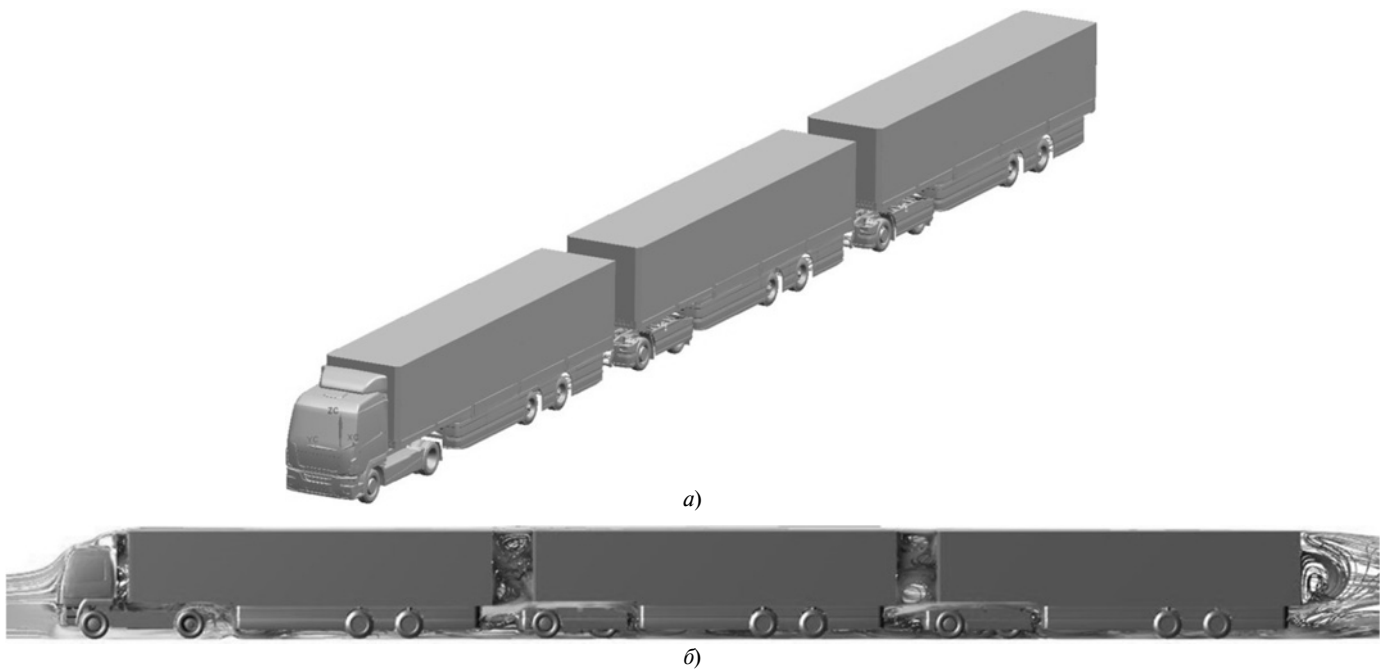


Рис. 2. Расчётная схема многозвенная автопоезда:  
 а — 3D-модель; б — схема внешнего аэродинамического воздействия

ведутся разрозненно и без единой программы. "Механическое" использование мехатронных модулей в конструкции автомобиля не прино-

сит ожидаемого эффекта. Автомобиль, особенно активный автопоезд, представляет собой сложный комплекс систем упругодеформируемых

твёрдых тел с наложенными неголономными и нестационарными, в том числе трибологическими связями, активными упругодемпфирующими элементами, функционирующими при случайных возмущениях. Для полного представления такой системы при программировании различных контроллеров и блоков управления необходима комплексная математическая модель, позволяющая моделировать различные схемы взаимодействия всех систем ТТС, а также служащая основой "инженерного инструмента" для их проектирования. Поэтому актуальна разработка комплексной математической модели, позволяющей моделировать различные схемы взаимодействия всех систем активного автопоезда (рис. 2), в том числе с учётом контактного (трибологического) взаимодействия колеса с опорной поверхностью.

На базе этой модели (рис. 3) исследована работа таких гибридных подсистем автопоезда, как: ДВС—электрогенератор—электропривод с мотор-колесом, всеколёсное рулевое управление с электрогидравлическим следящим приводом поворота колёс, а также регулируемая система поддрессоривания колёс, БИУС, система шина—опорная поверхность с учётом трибологических

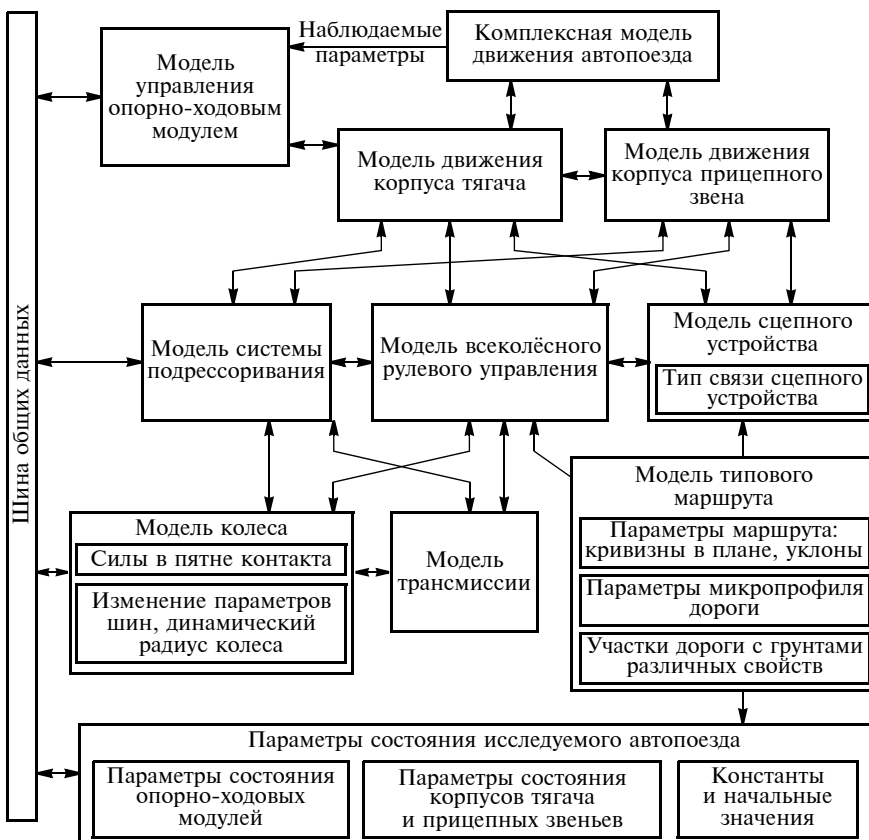


Рис. 3. Блок-схема математической модели

связей. По результатам исследований построен концептуальный облик активного магистрального многозвенного автопоезда (рис. 4).

Интересны примеры решения мехатронных модулей при построении БЭК на основе электрохимического генератора. На рис. 5 приведена типовая структура тягово-силового оборудования гибридного автомобиля с топливными элементами (по Д.Б. Изосимову). Силовая схема строится по последовательной

схеме: батарея топливных элементов — согласующий повышающий преобразователь постоянного тока — буферная аккумуляторная батарея — инвертор тягового привода — тяговый электродвигатель мотор-колёс. Батарея топливных элементов является основным источником энергии для покрытия средней мощности, потребляемой тяговым приводом в цикле (или заданном режиме) движения. Согласующий повышающий

преобразователь постоянного тока служит для регулирования мощности, потребляемой от батареи топливных элементов (текущее значение средней потребляемой мощности может оказаться меньше, чем максимальная мощность батареи), и для заряда буферного источника, обеспечивающего пиковые потребления мощности (значения пиковой мощности, например, при разгоне, могут в несколько (три и более) раз превышать среднюю мощность

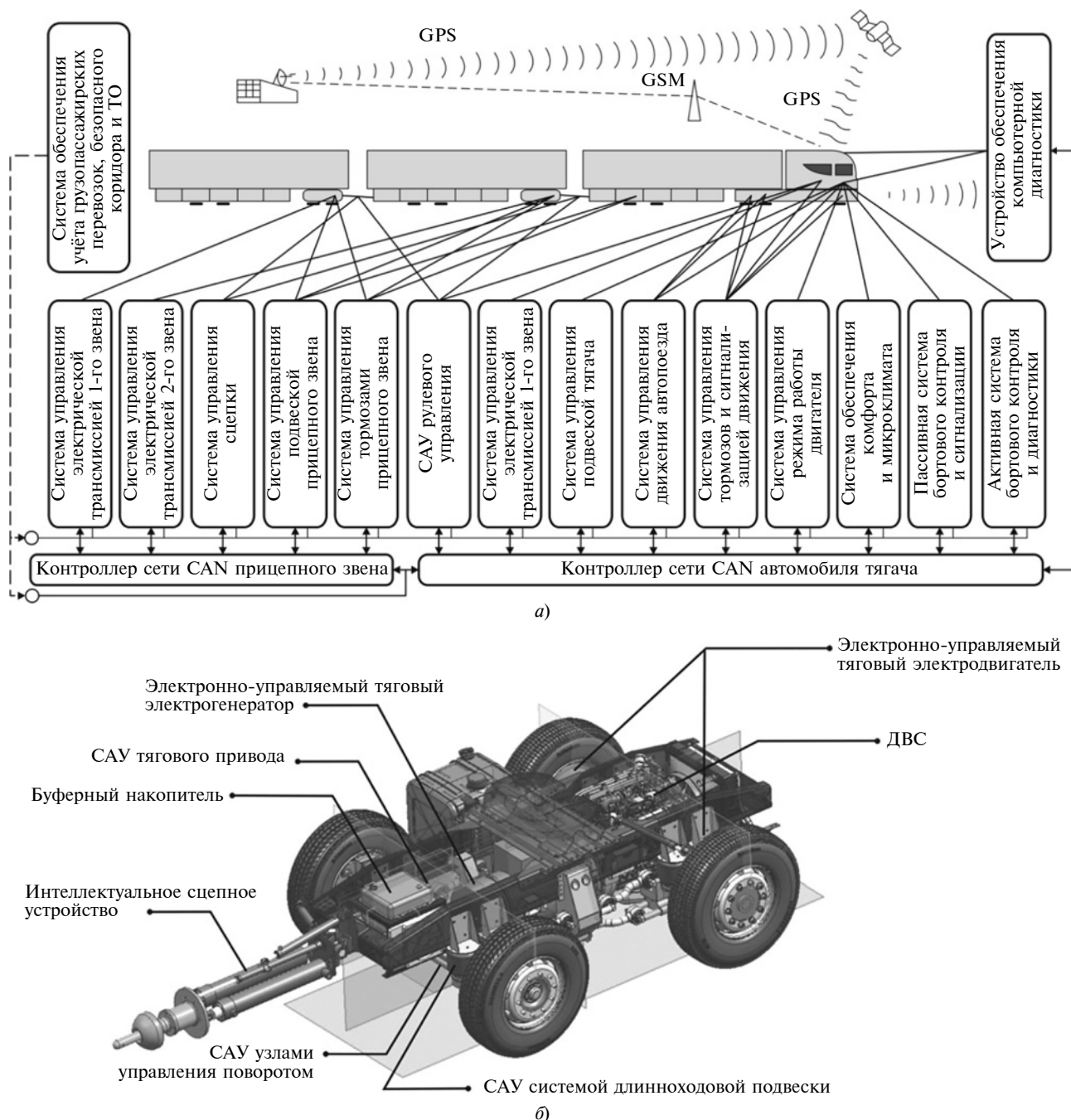


Рис. 4. Концептуальный облик многозвенного автопоезда:  
а — общая схема концепции; б — базовая тележка звена

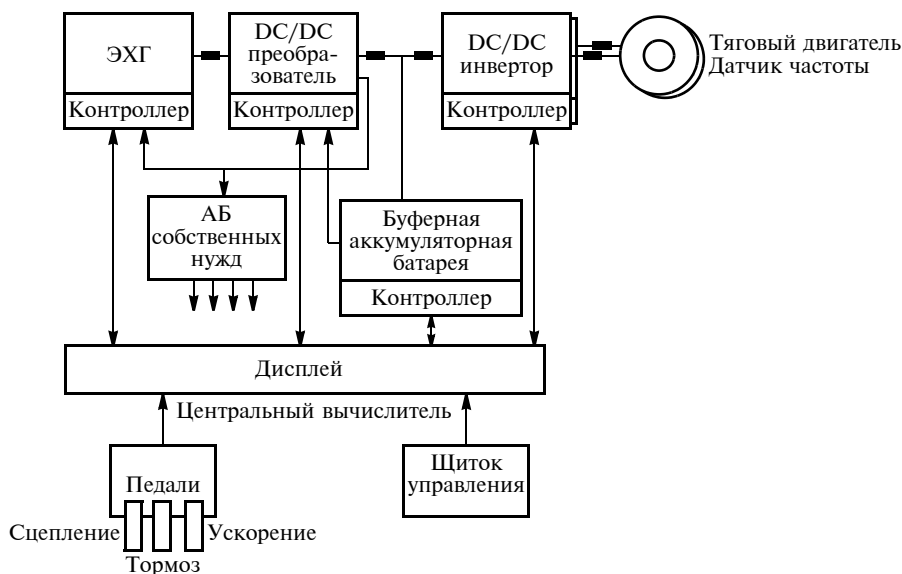


Рис. 5. Состав и структура энергетического и управляющего тягового оборудования

батареи топливных элементов). Одновременно буферный источник служит для приёма мощности, возвращаемой от тягового привода в режиме торможения транспортного средства. Инвертор преобразует постоянное напряжение буферной батареи в трёхфазное напряжение переменного тока, питающего тяговый двигатель (направление потока мощности может быть от батареи в двигатель в режиме тяги или обратным в режиме торможения).

Согласующий повышающий преобразователь постоянного тока, кроме заряда буферной батареи, должен обеспечивать питанием отдельные устройства (вспомогательные устройства батареи топливных элементов) и заряд аккумуляторной батареи собственных нужд (питание автомобильных устройств: освещение, сигналы и т. д.). От той же батареи собственных нужд необходимо осуществлять начальный запуск устройств (батареи топливных элементов).

В заключение можно сказать следующее. Анализ мировых тенденций развития наземных тягово-транспортных систем показывает, что совершенствование мобильной техники идёт в направлении энергосбережения, ресурсосбережения и создания машин с экологически безопасными параметрами. Основным фактором совершенствования машин в этих направлениях является использование новых техноло-

гий для создания техники с комбинированными энергоустановками и гибкими трансмиссиями на основе перспективных ДВС, использования альтернативных топлив, гидрообъёмного и электрического тяговых приводов колёсного движителя. Улучшение качества компонентов и транспортных средств требует разработки чёткой программы стандартизации. Необходима гармонизация отечественных стандартов с международными.

Размещение на одном образце тягово-транспортного средства большого числа систем и механизмов с использованием различных видов энергии приводит к необходимости создания основ общего подхода к проектированию подобных сложных систем. Применение электропривода, гидропривода, электроники, систем автоматического управления в конструкции активных автопоездов предъявляет жёсткие требования по основным показателям и определяет использование передовых достижений в области проектирования, материалов, технологий изготовления. Основным недостатком работ, проводимых в области создания ТТС с электротрансмиссией, в том числе и активных автопоездов, является отсутствие комплексной системной проработки автомобильной электроэнергетической системы и системы автоматического (автоматизированного) управления движением.

## Литература

1. SAE Automotive Engineering International, January 2000. P. 42–48.
2. Харитончик С.В. Концепция и создание прототипа многосвязного автопоезда с управляемыми активными звеньями для трансконтинентальных перевозок: дис. ... докт. техн. наук: 05.05.03. — Мн., 2012. 432 с.
3. Моделирование аэродинамики магистрального автопоезда / В.А. Бабенко, Т.А. Баранова, Ю.В. Жукова, А.Д. Чорный, С.В. Харитончик // Механика машин, механизмов и материалов. — 2010. — № 2. — С. 72–75.
4. Высоцкий М.С. Основы проектирования модульных магистральных автопоездов / М.С. Высоцкий, С.И. Кочетов, С.В. Харитончик. — Минск: Беларус. навука, 2011. — 392 с.
5. Златин П.А. Электромобили и гибридные автомобили / П.А. Златин, В.А. Кеменов, И.П. Ксеневиц // Агроконсалт, Москва, 2004. — 413 с.
6. Дональд В. Эблесон, президент SAE. Разрабатываемые технологии электромобилей. Доклад на 1-м международном семинаре SAE-REVA "Проблемы и перспективы развития электромобильной техники". Москва, 25 августа 1999 г. Приводная техника. — 1999. — № 9/10. — С. 13–19.
7. Гибридные автомобили и их компоненты (обзор зарубежной печати). Мобильная техника. — 2003. — № 1, № 2, 3.
8. Ксеневиц И.П. Технологии гибридных автомобилей: состояние и пути развития отечественной автомобильной техники с комбинированными энергоустановками / И.П. Ксеневиц, А.А. Ипатов, Д.Б. Изосимов // Мобильная техника. — 2003. — № 2, 3.
9. Kateri Kallahan. EVs: Clean Driving into 21st Century. EVS-16, Beijing, China, Oct. 11–16, 1999. Opening Session Report.
10. Белоусов Б.Н. Колёсные транспортные средства особо большой грузоподъёмности. Конструкция. Теория. Расчёт / Б.Н. Белоусов, С.Д. Попов // Под общ. ред. Б.Н. Белоусова. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2006. — 728 с.
11. Двигатели внутреннего сгорания и электродвигатели. Global Viewpoints, Japan. Automotive Engineering, August 2002. P. 35–43.
12. Ксеневиц И.П. Механические трансмиссии с бесступенчатым регулированием передаточных чисел между смежными ступенями коробки передач. Мобильная техника. — 2004. — № 1. — С. 12–20.
13. Изосимов Д.Б. Критерии оптимизации и постановки задач сопоставления двигателей переменного тока для регулируемого привода / Д.Б. Изосимов, О.Г. Клочков // Приводная техника. — 1997. — № 5, 6.
14. Udo Winter, Siemens Automobiltechnik. Comparison of different drive system technologies for electric vehicles. EVS-15, Brussels, October 1–3, 1998. CD-ROM, Paper No. 294.
15. Изосимов Д.Б. Предварительная оптимизация размеров активных частей одного класса асинхронных электродвигателей для регулируемого привода / Д.Б. Изосимов, Е.М. Лопухина, А.Б. Захаренко — М.: Электричество. — 1996. — № 11.
16. Вопросы построения перспективного асинхронного тягового привода. Мобильная техника. — 2004. — № 1, 2, 3, 4.
17. Пинский Ф.И. Энергетические установки со свободнопоршневыми двигателем-генераторами. Мобильная техника. — 2004. — № 2.



## ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ГРУЗОВОСТИ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АВОПОЕЗДОВ

Канд. техн. наук **ЕЛЕЦКИХ С.В.**,

д-р техн. наук **СЛИВИНСКИЙ Е.В.**

Елецкий ГУ имени И.А. Бунина (evgeni\_sl@mail.ru)

*Описана перспективная конструкция опорно-сцепного седельного устройства автомобиля обеспечивающего регулирование мёртвого пространства, расположенного между кабиной тягача и торцевой частью полуприцепа, как в процессе прямолинейного его движения, так и при преодолении кривых участков пути. Приведены результаты расчётов по обоснованию эффективности использования предложенного технического решения в практике.*

**Ключевые слова:** опорная плита, седло, рама, паз, зубчатая втулка, тяга, пружина сжатия.

### Yeletskih S.V., Slivinsky E.V. FOR INCREASED THE CAPACITY OF HEAVY TRUCKS

*The article described a promising design reference fifth wheel coupling of the vehicle provides control of the dead space located between the truck cab and the front part of semitrailer in the process of its rectilinear motion, and overcoming the curves of the road sites. Numerical results to validate the effectiveness of using the proposed technical solutions in practice. The article recommended production and research structures of domestic and foreign automotive industry with a view to the possible implementation of the proposed development in practice.*

**Keywords:** base plate, saddle, frame, groove, gear bushing, rod, compression spring.

Особое место в подвижном составе грузового автомобильного транспорта занимают большегрузные автопоезда, состоящие из автомобиля-тягача и полуприцепа. Причём последние могут быть как универсальными, так и предназначенными для перевозки сыпучих, навалочных, наливных, скоропортящихся грузов, скота и др. Грузоподъёмность полуприцепов колеблется от 5,0 до 30,0 т и более, все они агрегируются с седельными автомобилями-тягачами с двигателями мощностью 55...300 кВт и выше. Тягачи и полуприцепы в широкой номенклатуре серийно выпускаются и нашей стране, и за рубежом [1].

Кинематическое и силовое взаимодействие звеньев автопоезда и передача тягового усилия к полуприцепам осуществляются через опорно-сцепные устройства, детали которых смонтированы на автомобиле-тягаче (седло) и полуприцепе (опорный лист уступа рамы со шкворнем) [1].

Несмотря на свою эффективность, все автопоезда имеют существенный недостаток: для свободного маневрирования между кабиной тягача и торцевой частью кузова полуприцепа выполняют зазор, достигающий в отдельных случаях 1,5 м и более. Такие зазоры создают "мёртвое" пространство, что существенно снижает грузоподъёмность кузовов (1,2—5,0 м<sup>3</sup> и более). Это не может не сказаться на производительности автопоездов и их технико-экономических показателях в эксплуатации.

Учитывая вышеизложенное, в СКБ ЕГУ имени И.А. Бунина в течение ряда лет выполняется госбюджетная НИР на тему "Динамика, прочность и надёж-

ность транспортных, строительно-дорожных и сельскохозяйственных машин, а также промышленного стандартного и нестандартного оборудования применительно к Чернозёмному региону РФ". Анализ существующих библиографических источников, а также отечественных и зарубежных патентов позволил разработать на уровне изобретений (RU2214338, RU2232098, RU2229996, RU2236365, RU2255019, RU2240944, RU225017 и RU2248903) ряд перспективных конструкций автопоездов, у которых имеется возможность при маневрировании регулировать зазор между кабиной тягача и кузовом полуприцепа. То есть полуприцеп способен в автоматическом режиме совершать возвратно-поступательные движения относительно продольной оси симметрии рамы тягача.

Наиболее простой и эффективной, на наш взгляд, является конструкция, выполненная по патенту RU2240944 (рис. 1). Устройство состоит из опорной плиты 1, жёстко закреплённой на раме 2 автомобиля-тягача 3, которая с помощью шарнира 4 связана с седлом 5. Седло контактирует с опорным листом 6 уступа рамы 7 полуприцепа 8. В опорном листе выполнен продольный паз 9, в котором подвижно размещён шкворень 10, снабжённый шестерней 11, связанный с зубчатой втулкой 12, выполненной в седле, и двухплечим рычагом 13. На рычаге с помощью подшипников 14, закреплённых на пальцах 15, установлены тяги 16, снабжённые пружинами сжатия 17, взаимосвязанные шарнирно с пальцем 18, жёстко закреплённым на опорном листе. Седло имеет разъёмно-сцепной механизм 19.

Работа опорно-сцепного устройства автопоезда происходит следующим образом. При его прямолинейном движении тяговое усилие тягача передаётся от седла через шкворень полуприцепа, который зафиксирован на седле разъёмно-сцепным механизмом так, как это имеет место в серийных конструкциях. При этом зазор между торцевой частью полуприцепа и кабиной автомобиля-тягача является минимальным (порядка 200 мм не более) и остаётся постоянным. При маневрировании тягача, например, по стрелке В при его входе в кривую пути, седло также получает угловой поворот в этом же направлении, а так как его зубчатая втулка 12 связана своими зубьями с зубьями шестерни 11, то и последняя вращается в этом же направлении, поворачивая шкворень в эту же сторону. Поворот шкворня обеспечивает угловой поворот в этом же направлении двухплечего рычага 13, который увлекает за собой одну из тяг 16, по стрелке С, а другую перемещает по стрелке D. При этом первая тяга воздействует на палец 18, а вторая способствует сжатию своей пружины 17. Движение тяги по стрелке С способствует перемещению по стрелке E полуприцепа, который своим продольным пазом 9 проскальзывает относительно шкворня. Такое движение полуприцепа обеспечивает увеличение зазора  $\delta$  между кабиной автомобиля-тягача и торцевой частью полуприцепа, позволяя последнему совершать угловой поворот, следуя за автомобилем-тягачом. После окончания манёвра автомобиль-тягач поворачивается в направлении, противоположном стрелке В, и тяги 16 перемещаются в

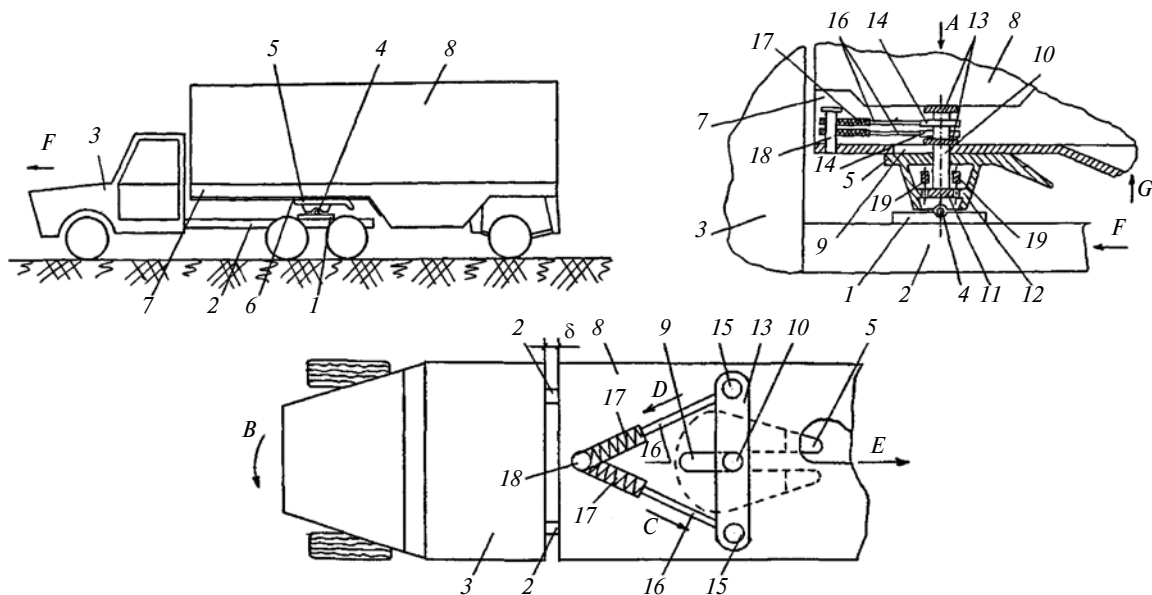


Рис. 1. Конструкция большегрузного автопоезда по патенту RU2240944

обратном направлении стрелкам *C* и *D*, обеспечивая движение полуприцепа в направлении, противоположном стрелке *E* за счёт усилия, создаваемого сжатой пружиной *17* той же тяги, которая двигалась по стрелке *D*. Поворот автомобиля-тягача в направлении, противоположном стрелке *B*, аналогичен вышеописанному. Для того чтобы осуществить роспуск автопоезда, с помощью разъёмно-сцепного механизма *19* освобождают шкворень и, используя известное опорное устройство, которое размещено на каждом полуприцепе, приподнимают последний и тем самым выводят шестерню *11* из зубчатой втулки *12*, и затем тягач выкатывают из-под полуприцепа.

Одними из важнейших конструктивных элементов предложенного опорно-сцепного устройства и описанного выше являются тяги, пружины, зубчатое зацепление и соединительные его пальцы. Для расчёта

на прочность таких деталей и определения их рациональных геометрических характеристик разработана расчётная схема (рис. 2), позволяющая в первую очередь определить усилия, действующие на детали устройства при угловом повороте тягача, при этом характерны три случая их нагружения. Первый случай характеризуется возникновением силы  $P_{тр}$ , связанной с моментом трогания автопоезда с места с учётом его входа в кривую пути. Второй случай, появлением силы  $P_T$ , возникающей при торможении автопоезда, также входящего в кривую пути, и третий случай нагружение деталей силой  $P_V$  при входе в кривую пути при равномерном движении автопоезда со скоростью  $V_a$ . Понятно, что каждая из указанных сил будет иметь различное значение и поэтому необходимо вычислить такую силу, которая наиболее полно характеризует условие движения автопоезда. Экспериментальные исследования, проведённые с различными по конструкции отечественными автомобильными поездами, показывают, что нагрузки, возникающие в опорно-сцепном устройстве, напрямую связаны с продольными колебаниями полуприцепа возбуждаемыми дорожными неровностями. Известно также [1], что такие нагрузки не превышают нагрузок, возникающих при торможении автопоезда и его трогании с места. Учитывая такой характер распределения, воспользуемся известной зависимостью (формула 1 в табл. 1), позволяющей вычислить такое усилие при движении автопоезда по неровной дороге для тяжёлых условий работы при высоте неровности  $2q_0 = 12$  см с длиной волны  $L = 2,5$  м, состоящего, например, из автомобиля-тягача МАЗ-6422 и полуприцепа-контейнеровоза ЧМЗАП-9991.  $P_V = 1,5 \cdot 1,25 \times \times 0,06 \cdot \frac{2 \cdot 3,14}{2,5} \cdot 31\,700 = 8958,4$  кг. (Коэффициент аперриодичности  $\gamma$  можно принять равным 0,4; дополнительный коэффициент динамичности  $K$  принят равным 1,25; полная масса полуприцепа с грузом  $G_{ПР} = 31,7$  т.)

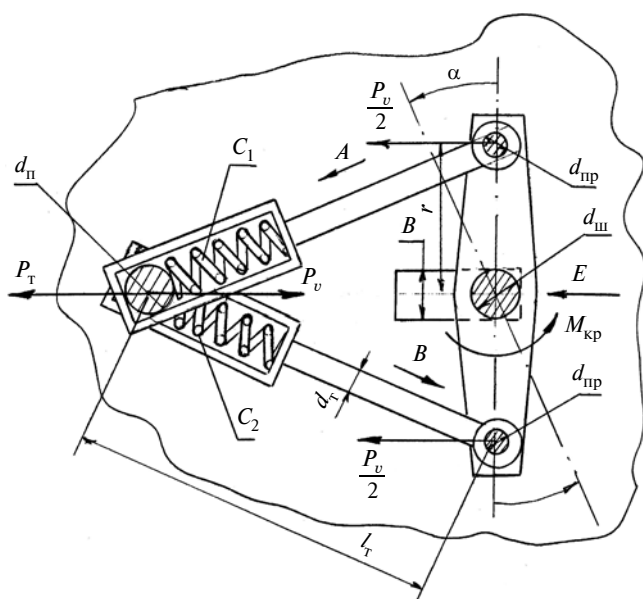


Рис. 2. Расчётная схема

Следовательно, при движении автопоезда вектор действия такого усилия будет направлен назад, т. е. в сторону полуприцепа и поэтому каждая из тяг устройства нагружена усилием в  $8958,4/2 = 4,48\text{ мс}$ , причём при повороте рычага на угол  $\alpha$  одна тяга будет подвержена такой нагрузкой сжатию, действующей по стрелке  $A$  и его пружина сжатия  $C_1$  будет упруго деформироваться в этом же направлении, а другая тяга, движущаяся по стрелке  $B$ , растяжению. И поэтому полуприцеп будет перемещаться также назад, исключая контактирование его торцевой части с кабиной тягача.

Допустим, что тяги выполнены из Ст3 и их диаметр  $d_T = 50$  мм. Тогда напряжения сжатия-растяжения в них составят  $\sigma_{p(c)} = 4 \cdot 4480/3,14 \cdot 5,0^2 = 22,8 \text{ МПа} < [\sigma] = 160 \text{ МПа}$ . Условие прочности выполнено. В то же время при угловом повороте двуплечего рычага палец диаметром  $d_{п}$  будет работать на изгиб. Конструктивно назначим  $d_{п} = d_{ш} = 75$  мм (согласно стандарту SAE диаметр шкворня для автомобильных полуприцепов равен 75 мм). Тогда напряжения изгиба пальца в этом случае будут равны  $\sigma_{и} = 4480 \cdot 10,0/0,1 \cdot 7,5^3 = 106,2 \text{ МПа} < [\sigma] = 120 \text{ МПа}$ , где 10,0 см рабочая длина пальца. Условие прочности также выполнено.

Теперь произведём расчёт прочности зубчатого соединения шкворень—седло автомобиля-тягача, считая, что крутящий момент на шкворне при повороте автомобиля-тягача составит  $M_{кр} = 4480 \cdot 0,8 = 3584 \text{ кгс} \cdot \text{м}$ , где 0,8 радиус  $r$  рычага устройства. Тогда проверим на прочность шлицевое зубчатое зацепление эвольвентного профиля шкворень—седло. Так как кинематическая пара шкворень—втулка открытая, назначим шлицевое соединение, принимая для него сталь 45, улучшенную до средней твёрдости  $HB 280$  ( $\sigma_b = 730 \text{ МПа}$  и  $\sigma_T = 390 \text{ МПа}$ , и диаметре заготовки до 250 мм). Согласно ГОСТ 1139—80 выберем тяжёлую серию с диаметром выступов его на шкворне  $D = 160$  мм и количеством шлицев  $z = 16$ . Длину шлицев (зубьев эвольвентного профиля) назначим равным  $l = 100$  мм. Известно, что проверочный расчёт таких шлицевых

соединений проводят по напряжениям смятия по зависимости 2 [2]. Принимая значение коэффициента  $\psi$  неравномерности распределения нагрузки между зубьями равным 0,8, диаметр делительной окружности  $d_c = 160$  мм и модуль зацепления  $m = 10$  мм, получаем

$$\sigma_{см} = \frac{2 \cdot 35 \cdot 840 \cdot 10^3}{0,8 \cdot 16 \cdot 160 \cdot 10 \cdot 100} = 35 \text{ МПа} < [\sigma_{см}] = 55 \text{ МПа}.$$

Как видим, условие прочности выполнено.

Геометрические характеристики пружин сжатия установим конструктивно исходя из того, что возврат в прямолинейное положение полуприцепа после выхода из кривой пути происходит в движении автопоезда. В этом случае тяга, которая двигалась по стрелке  $A$ , получит перемещение в противоположном ей направлении, т. е. будет работать на растяжение, а пружина другой тяги обеспечит плавное движение её без проявления ударной нагрузки при повороте рычага. Поэтому согласно рекомендаций работы [2] пружины сжатия будут иметь следующие параметры: наружный диаметр пружины  $D_{нар} = 80$  мм, диаметр витка  $d = 11$  мм, рабочая нагрузка  $P_{пр} = 370$  кгс, жёсткость пружины  $C_1 = C_2 = 4,89$  кгс/мм, длина пружины  $l_1 = l_2 = 400$  мм и материал пружины прутки сталь 60С2 по ГОСТ 14959—79.

Для анализа эффективности внедрения предложенной разработки приведём пример определения прогнозируемой величины денежных потоков при модернизации одного серийного автопоезда, состоящего из автомобиля-тягача МА3-5432 и полуприцепа МА3-93971. Воспользуемся базовыми данными, представленными в табл. 1, которые характеризуются денежными потоками при изготовлении устройства по вышеуказанному патенту. Следует отметить, что этот прирост вложений обеспечивает наименьшую зависимость предприятия от поставок материалов и полуфабрикатов при разработке и внедрении инновации в производство.

На увеличение денежных потоков оказывает влияние снижение суммы налогов, которая сократилась на

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$P_V = P_{кр(max)g} = K\lambda_{\omega}g_0 \frac{2\Pi}{L} G_{пр}$	$\lambda_{\omega} = \frac{1}{2\gamma}$ — предел коэффициента динамичности при радиальных колебаниях места сцепа; $\gamma$ — коэффициент апериодичности; $K$ — дополнительный коэффициент динамичности, учитывающий влияние зазоров в опорно-сцепном устройстве; $G_{пр}$ — полная масса полуприцепа с грузом
2	$\sigma_{см} = \frac{2M_{кр}}{\psi z d_c m l}$	$\psi$ — коэффициент, учитывающий неравномерность распределения нагрузки между зубьями; $d_c$ — диаметр делительной окружности; $m$ — модуль зацепления
3	$K_d = \left(1 + \frac{E}{100}\right)^t$	$E$ — норма прибыли; $t$ — число лет работы инновации
4	$K_{ин} = 1 + E_1 = \frac{\left(1 + \frac{E}{100}\right)^t}{\left(1 + \frac{И}{100}\right)^t}$	$И$ — прогнозируемая величина инфляции; $E_1$ — норма дисконта с учётом инфляции
5	$E_2 = E_1 + \frac{P}{100}$	$P$ — поправочный коэффициент, устанавливающий степень риска
6	$T_{ок} = \frac{K_{ин}}{\Theta_{\Sigma}}$	$K_{ин}$ — общая сумма инвестиций в инновациях; $\Theta_{\Sigma}$ — суммарный результат (денежный поток)

Таблица 2

Показатели	Обозначения	Автопоезд	
		серийный	модернизированный
Отток наличности, руб.	$K'_{ин}, K_{ин}$	—	64 000
Себестоимость изготовления, тыс. руб.	$\Theta$	1675,3	1256,6
Налоги, тыс. руб.	$H$	120,0	98,4
Чистый денежный поток, тыс. руб./год.	$\Theta_{\Sigma}, \Theta_{\Sigma}$	14339,5	18551,7

120,0 – 98,4 = 21,6 тыс. руб. В первую очередь, это произошло за счёт уменьшения налогооблагаемой базы, несмотря на увеличение нормы прибыли на 25 %. Снижение себестоимости в данном случае позволило сократить в целом величину налогов.

В результате снижения себестоимости использования модернизированного автопоезда удалось повысить величину денежных поступлений за счёт увеличения нормы прибыльности около 25 %, не наращивая производственных мощностей.

Для отражения разности между будущей и текущей стоимостью в экономической практике используется коэффициент дисконтирования  $K_d$ , который определяется по зависимости 3 (см. табл. 2) [3]. Принимая норму прибыли  $E$ , равной 25 %, и установив число лет работы инновации  $t = 5$ , получаем  $K_d = 3,051$ . Полученный результат показывает, что через пять лет каждый рубль, вложенный в этот проект, увеличится до 3,051 руб.

Известно, что коэффициент дисконтирования должен также учитывать факторы инфляции и риска (если только они уже не включены в норму дисконтирования). Поэтому коэффициент дисконтирова-

ния с учётом инфляции, но без учёта риска, определяется по формуле 4. Прогнозируемая величина инфляции  $I$  принята на текущий год равной 8 %. Получаем

$$K_{ди} = \frac{(1 + 25/100)^5}{(1 + 8/100)^5} = 2,077. \text{ Соответственно, норма}$$

дисконта с учётом инфляции  $E_1 = 2,077 - 1 = 1,077$ .

Как видим, величина дисконта с учётом риска меньше величины коэффициента дисконтирования без её учёта. Это связано с тем, что инфляция разъедает денежную массу. С учётом поправки на риск показатель коэффициента дисконтирования рассчитаем по зависимости 5. Так как модернизируется уже имеющийся в производстве автопоезд, выбираем минимальную ставку риска в размере 5 % и получаем  $E_2 = 2,077 + 5/100 = 2,127$ .

Показателем, характеризующим время окупаемости капитальных вложений, служит срок окупаемости проекта, который определим по зависимости 6:  $T_{ок} = 64\,000/18\,551,7 = 3,4$  года. Таким образом, в течение 3,4 лет данный проект покроет все затраты, связанные с внедрением модернизированного автопоезда.

Данная разработка рекомендуется для дальнейшего широкого изучения и возможного внедрения её на отечественных предприятиях автомобилестроения, а также может быть интересна отечественным и зарубежным научно-исследовательским и конструкторским подразделениям, проектирующим подобную технику.

#### Литература

1. Шукин М.М. Сцепные устройства автомобилей и тягачей. М.—Л.: Машгиз, 1961. — 265 с.
2. Орлов П.И. Основы конструирования: Спр.-метод. пособие. В 2-х кн. Под ред. П.Н. Усачёва. М.: Машиностроение, 1988. — 544 с.
3. Мухамедьяров А.М. Инновационный менеджмент: Учеб. пособие. — М.: ИНФРА-М, 2004. — 127 с.

УДК 629.3.027

## МЕХАНИКА КОЛЕСА МОБИЛЬНОЙ МАШИНЫ

Д-р техн. наук БАЛАБИН И.В.,

канд. техн. наук ЧАБУНИН И.С.

МГТУ имени Н.Э. Баумана, МВОКУ  
(tchabunin@rambler.ru)

*Излагается проблема необходимости формирования академического курса "Механика колеса мобильной машины". В нём предлагается разделение общей механики колеса на внутреннюю и внешнюю. Изучение материала будет способствовать развитию профессиональных компетенций будущих специалистов в области теории движения, конструирования и расчёта мобильных машин.*

**Ключевые слова:** колесо, шина, механика колеса.

Balabin I.V., Chabunin I.S.

## THE MECHANICS OF THE WHEEL OF THE MOBILE MACHINE

*The article deals with the problem of the need for the formation of the academic course "Mechanics of the wheel of a mobile machine". It proposes a division of the General mechanics of the*

*wheel into internal and external mechanics. The study of the material will contribute to the development of professional competencies of future specialists in the field of motion theory, design and calculation of mobile machines.*

**Keywords:** wheel, tyre, mechanics of wheel.

Роль колеса для мобильной машины сегодня бесспорна. Любой курс теории движения транспортных объектов, включая легковые и грузовые автомобили, обязательно содержит раздел, связанный с качением колеса. Тем не менее отдельный курс механики колеса, оборудованного пневматической шиной, а также безвоздушного колеса в настоящее время отсутствует, что следует признать недостатком, поскольку процесс качения колеса настолько сложен, настолько и важен. Причём не только как объект, несущий на себе всю мобильную машину, но и выполняющий крайне ответственную роль в аспекте безопасности. Не менее важна роль колеса и в реализации практически всех эксплуатационных качеств мобильной машины.

Большое внимание процессу качения автомобильного колеса в своих трудах уделял основоположник оте-

чественной автомобильной науки академик Е.А. Чудаков, которому принадлежит монография "Качение автомобильного колеса" [13]. Значительный вклад в развитие исследования рабочих процессов автомобильных шин и колёс сделан сотрудниками НАМИ под руководством В.И. Кнороза [8, 9] и В.А. Петрушова [10, 11], учёными и специалистами МГТУ имени Н.Э. Баумана под руководством А.Ф. Бочарова [7, 12], МАМИ, НИИ шинной промышленности во главе с В.Л. Бидерманом [3, 4], ВолгГТУ под руководством Е.В. Балакиной [1, 2]; касательно пневматических шин, а также в области расчёта автомобильных колёс — специалистами МАДИ под руководством И.В. Демьянушко [5, 6] и многими другими отечественными и зарубежными исследователями.

Общую механику колеса можно разделить на внутреннюю и внешнюю. Первая рассматривает вопросы действия сил избыточного давления воздуха в шине на обод и конструктивные элементы шины, их напряжённо-деформированного состояния. К внутренней механике колеса следует также отнести действие сил и моментов — всех шести силовых компонентов (трёх сил вдоль координатных осей и трёх моментов сил относительно этих осей), которые воспринимает шина, обод и диск колеса от силы тяжести колёсной машины и является следствием режимов движения и дорожных условий.

К внешней механике относятся вопросы, обусловленные взаимодействием колеса мобильной машины в сборе с шиной и опорной поверхностью в процессе движения. Именно здесь зарождаются основные динамические процессы, которые получают свое развитие во всех основных агрегатах и механизмах. Поэтому колесо с пневматической шиной оказывает непосредственное влияние на тяговую и тормозную динамику колёсной машины, её устойчивость и управляемость, внешний и внутренний шум, а также в основном определяет проходимость при движении по грунтам со слабой несущей способностью или в условиях полного бездорожья.

Появление на колесе пневматической шины привнесло в рабочий процесс колёсного узла различные новые особенности. Причём настолько значительные, что механика современного колеса связана, главным образом, с проблемами самой пневматической шины, оставляя для колеса в основном прочностной и жёсткостной аспекты, благодаря которым, однако, шина, наполненная сжатым воздухом, обретает несущую способность.

Обод колеса, являющийся жёстким посадочным основанием шины, наряду с последней участвует в реализации её эксплуатационных качеств: сцепление с дорожной поверхностью, сопротивление качению, уводу, определяет траекторию движения колёсной машины и пр. Именно поэтому конфигурация профиля обода в месте его сопряжения с бортами шины относится к компетенции вопросов, решаемых специалистами-шинниками. Что же касается профиля обода в целом, его конфигурации, выбора толщин, сопряжения с центральной (называемой дисковой) частью, равно как и способ установки и закрепления колеса на

ступице — эти вопросы уже относятся к компетенции специалистов, проектирующих колёсные машины.

Таким образом, колёсный узел современной мобильной машины является собой совокупность двух качественно различных объектов. Один относится к нефтехимическому и нефтеперерабатывающему производству со всей присущей ей спецификой используемых материалов и технологии производства, другой — объект машиностроительной промышленности с качественно различными применяемыми материалами (в настоящее время в основном металлами) и использованием кузнечно-прессовой и литейной технологий с элементами механической обработки. При этом отдельно существующие сферы проектирования и производства шин и колёс породили немало проблем, которые не могли не отразиться на качественном конструкторско-технологическом уровне этих изделий.

Развитию и совершенствованию конструкций пневматических шин препятствовало отсутствие в стране опытных производств ободьев колёс. В свою очередь, замедленное развитие современных конструкций пневматических шин тормозило развитие автомобилестроения. Указанные нестыковки продлились вплоть до середины пятидесятих годов прошлого столетия, когда было создано ЦКБ по ободам, впоследствии трансформировавшееся в Центральное конструкторско-технологическое бюро колёсного производства.

Благодаря работам, проведённым в ЦКТБ колёсного производства, был создан новый ряд конструкций колёс с прогрессивными уширенными ободьями вначале для камерных, а затем и бескамерных шин легковых и грузовых автомобилей, разработаны научно-обоснованные методы расчёта статической и усталостной прочности, и в содружестве с НИИ шинной промышленности созданы новые шины радиальной конструкции для легковых, а впоследствии и грузовых автомобилей. В результате Советский Союз — одним из первых наладил производство таких шин для грузовых автомобилей с ресурсом порядка 200 тыс. км.

На базе ЦКТБ колёсного производства был создан опытный колёсный завод — ЧОЗ (Челябинский опытный завод), благодаря работам которого современная отечественная автомобильная промышленность в числе первых в мире перешла на выпуск колёс с бескамерными шинами для грузовых автомобилей и современным способом крепления колёс к ступице, что в совокупности позволило решить ряд важных проблем отечественного автопрома в части снижения металлоёмкости и повышения надёжности работы, включая безопасность и улучшение характеристик мобильных машин.

К сожалению, несмотря на проведённые в последние годы работы в направлении изучения отдельных разделов механики колеса, оборудованного пневматической шиной, дальнейшее совершенствование колёсных узлов мобильных машин невозможно без разработки фундаментальных основ расчёта и проектирования. То есть наступил уже тот момент, когда требуется разработка академического курса механики колеса мобильных машин, который следует ввести в перечень основных дисциплин, занимающих место между фундаментальными и профильными.

Материал курса "Механика колеса мобильной машины", несомненно, будет способствовать развитию компетенции будущих специалистов в области теории движения, конструирования и расчёта мобильных машин, которые будут иметь полное представление о том влиянии, какое оказывают шины и колеса на основные эксплуатационные качества машин, включая безопасность, надёжность, тяговую и тормозную динамику, устойчивость-управляемость, плавность хода, шум, вибрации и др. Изучение указанной дисциплины поможет сформировать более глубокое понимание того положения, что колёса относятся к объектам, которые совершают сложное поступательное и одновременно вращательное движения, и это обуславливает подход к проектированию и выбору материала для колёс и шин с учётом получения конечного результата с учётом стоимости изготовления и того эффекта, который обеспечивает единица массы колеса и шины в процессе эксплуатации. И если влияние колёсного узла на основные эксплуатационные качества машины прослеживается в курсе теории движения транспортных средств учётом инерционных параметров, то, например, о влиянии углов установки управляемых колёс, о целесообразности их изменения в процессе движения (для обеспечения безводного режима качения по криволинейной траектории, повышения устойчивости-управляемости) материалов практически нет. А это вопросы внешней механики колеса. Внутренняя же механика колеса вообще не рассматривается. Эти проблемы должна восполнить новая дисциплина. И понимание этого приходит. Например, руководство кафедры "Колёсные машины" МГТУ имени Н.Э. Баумана уже сделало академической дисциплиной курс "Механика колеса мобильной машины", т.е. включило её в перечень обязательных дисциплин. Значит очень скоро отечественное автомобилестроение получит

специалистов, которые решат рассмотренную выше проблему.

#### Литература

1. Балакина Е.В., Кочетков А.В. Коэффициент сцепления шины с дорожным покрытием. — М.: Инновационное машиностроение, 217. — 292 с.
2. Балакина Е.В., Сарбаев Д.С. Теоретическая методика моделирования движения эластичного колеса с учётом зон трения покоя и скольжения в пятне контакта с твёрдой опорой // В книге: Прогресс транспортных средств и систем — 2018. Материалы Международной научно-практической конференции. Под редакцией И.А. Каляева, Ф.Л. Черноусько, В.М. Приходько. 2018. С. 196—197.
3. Бидерман В.Л. Расчёт норм нагрузок и давлений для автомобильных шин // Труды НИИ шинной промышленности, Сборник 3, Госхимиздат, 1957. С. 52.
4. Бидерман В.Л., Гуслицер Р.Л., Захаров С.П., Ненахов Б.В., Селезнёв И.И., Цукерберг С.М. Автомобильные шины (конструкция, расчёт, испытания, эксплуатация) — М.: Госхимиздат, 1963. — 384 с.
5. Демьянушко И.В. Колёса из лёгких сплавов — от эскиза до металла // Автомобильная промышленность. — 1999. — № 7. С. 9.
6. Демьянушко И.В. Современное состояние расчётно-проектировочного анализа прочности и надёжности колёс автотранспортных средств // Автомобиль. Дорога. Инфраструктура. — 2015. — № 1(3). С. 1.
7. Зайцев П.В., Бочаров Н.Ф., Бухин Б.Л. Шум автомобильной шины. — М.: ЦНИИТЭИнефтехим., 1984. — 65 с.
8. Кнороз В.И., Кленников Е.В. Шины и колёса. М.: Машиностроение, 1973. — 182 с.
9. Кнороз В.И., Кленников Е.В., Петров И.П., Шелухин А.С., Юрьев Ю.М. Работа автомобильной шины. — М.: Транспорт, 1976. — 238 с.
10. Петрушов В.А., Мишутин О.А., Хохлов Д.Л. О создании экспериментальной базы исследований автомобильных шин по параметру сопротивления качению // Труды НАМИ. — 2014. — № 259. С. 148—161.
11. Петрушов В.А., Яценко Н.Н. О сопротивлении качению колеса с пневматической шиной // Вестник машиностроения. — 1987. — № 12. С. 31.
12. Пирковский Ю.В., Бочаров Н.Ф., Шухман С.Б. Влияние конструктивных показателей полноприводных автомобилей на сопротивление движению по деформируемому грунту: Учеб. пособие. — М.: Изд-во МГТУ, 1996. — 71 с.
13. Чудаков Е.А. Качение автомобильного колеса. — М.: Изд. И 1-я тип. Машгиза в Л., 1947. — 72 с.

УДК 628.946

## ИННОВАЦИОННАЯ АДАПТИВНАЯ СИСТЕМА ГОЛОВНОГО ОСВЕЩЕНИЯ АВТОМОБИЛЯ

Кандидаты техн. наук **АШАНИН В.Н., ЛАРКИН С.Е.**  
Пензенский ГУ (eltech@pnzgu.ru)

*Предложена инновационная адаптивная система головного освещения автомобиля позволяющая формировать дальний, ближний, противотуманный свет, дневные ходовые огни, обладает низким энергопотреблением, имеет большой срок службы, снижает ослеплённость участников движения, увеличивая тем самым безопасность дорожного движения.*

**Ключевые слова:** адаптивная система головного освещения автомобиля, дальний, ближний, противотуманный свет, ходовые огни, низкое энергопотребление, снижение ослеплённости.

### Ashanin V.N., Larkin S.E. INNOVATIVE ADAPTIVE SYSTEM OF HEAD LIGHTING OF THE CAR

*The innovative adaptive system of head lighting of the car allowing to form far, near, fog light, daytime running lights, has big life cycle, reduces blindness of participants of the movement, increasing thereby traffic safety.*

**Keyword:** adaptive forward lighting of the vehicle, the far, middle, fog lights, running lights, low power consumption, reducing blinding.

Автомобильные световые приборы должны обеспечивать хорошую видимость и необходимую информативность в широком диапазоне расстояний при различных погодных условиях, не вызывая ослепления водителей встречных автомобилей в тёмное время суток. Традиционные фары освещают, как известно, только участок дороги, находящийся непосредственно по курсу движения [1]. Более высокий уровень безопасности и комфорта обеспечивают *адаптивные* системы освещения.

Для регулирования направления светового пучка используется изменение положения либо всей фары, либо её части [1]. В частности, известен способ регулирования поло-

жения светового пучка фары относительно дорожного полотна поворотом волоконно-оптического преобразователя изображения относительно второй фокальной точки эллипсоидного отражателя в горизонтальной и вертикальной плоскостях [2]. Однако данный способ не позволяет изменять ширину светового пучка в зависимости от скорости движения, снизить ослепление водителей транспортных средств при встречном разезде из-за наложения светораспределений обоих транспортных средств в промежутке между ними при их сближении, а также невозможность создания противотуманного адаптивного света.

Для снижения ослепления водителей при встречном разезде наибольшее распространение получило статическое изменение положения светотеневой границы правой и левой фары либо динамическое, вырезающие часть конусного пространства из общего светового потока, ограниченного встречным транспортным средством. При этом изменение положения конусного пространства осуществляется в зависимости от положения транспортного средства на дороге.

По первому варианту световые пучки правой и левой фар, накладываясь друг на друга, образуют общее светораспределение с закрытым световым пробелом, соответствующим встречному транспортному средству [3]. Недостаток такой системы головного освещения состоит в невозможности изменения положения менее освещённого участка дороги при сближении транспортных средств, что приводит, с одной стороны, к плохой освещённости дороги на участках, вырезаемых обтюраторами, а с другой — к ослеплению водителей из-за чрезмерной контрастности освещённых обоими транспортными средствами участка дороги по сравнению с менее освещённым. Кроме того, такая система не позволяет создавать противотуманный адаптивный свет.

По второму варианту освещение дороги осуществляется группой светодиодов и заключается в снижении уровня освещённости того участка, на котором находится движущийся автомобиль [4]. При появлении в зоне освещения светодиода ярких

посторонних источников света световой поток, приходящий на фотоприёмник между вспышками светодиода резко возрастёт, что приведёт к возрастанию сигнала на его выходе выше порогового значения. Данный сигнал, управляя генератором импульсов питания светодиода, переведёт его в режим большой скважности, что субъективно воспримется как выключение светодиода. Хотя способ и обеспечивает изменение (выключение) освещённости дорожного полотна в зависимости от положения встречного автомобиля на остальной части дорожного полотна происходит сложение освещённостей двух сближающихся транспортных средств, что приведёт к ослеплению водителей из-за чрезмерной контрастности освещённых обоими транспортными средствами участка дороги по сравнению с менее освещённым.

Дальнейшее совершенствование направлено на улучшение видимости дорожного полотна при изменении скорости и манёвре автомобиля, в том числе, в плохих погодных условиях, а также снижение слепимости при встречном разезде. Использование в качестве источника света RGB-светодиода позволит реализовать светораспределение дальнего, ближнего, противотуманного света, а также ходовых огней в 2-фарной системе головного освещения автомобиля.

Предлагаемая инновационная система выполнена на основе фары

с двухфокусным эллипсоидным отражателем и конденсорной линзой, в которой предложено [5] следующее: ввести модули перемещения линзы в горизонтальной и вертикальной плоскостях для изменения положения светового пучка на дорожном полотне; ввести модуль осевого перемещения отражателя для изменения ширины светового пучка при изменении скорости движения; ввести модули перемещения обтюраторов ближнего и противотуманного света для создания ближнего и противотуманного света соответственно; в качестве источника света использовать RGB-светодиод с устройством широтно-импульсного изменения силы тока по двухпроводной линии связи для реализации дальнего, ближнего света и дневных ходовых огней, а при изменении спектрального состава и противотуманного света ввести датчики естественной освещённости и освещённости дорожного полотна для контроля освещённости и адаптивного изменения силы света фар; использовать датчик тумана, сигнал с которого позволит изменять силу света RGB-светодиода и его цветность на селективно-жёлтый.

Структурная схема предлагаемой адаптивной системы фар головного освещения приведена на рис. 1. Система состоит из датчика естественной освещённости 1, датчика освещённости дорожного полотна 2, датчика скорости автомобиля 3, датчика положения рулевого механизма 4,

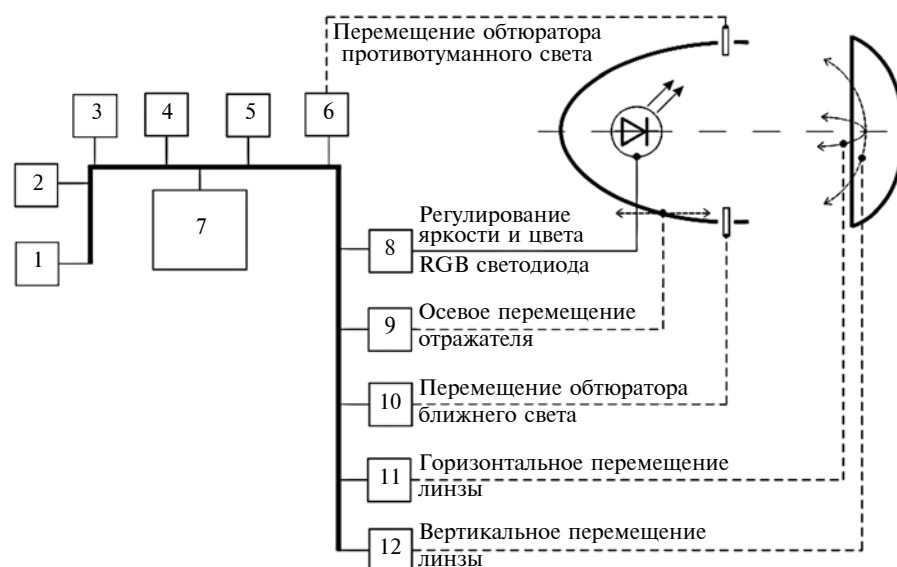


Рис. 1. Структурная схема инновационной системы головного освещения автомобиля

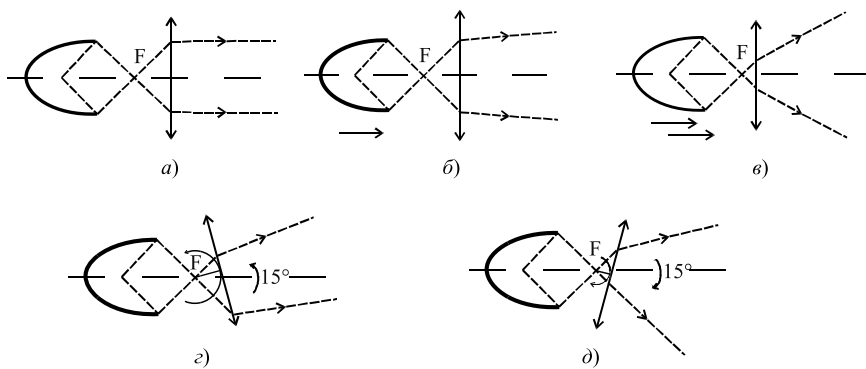


Рис. 2. Возможные варианты формирования светораспределения адаптивной системой:  
 а — прожектор; б — дальний свет; в — ближний свет; з — поворот светового пятна на дальнем свете; д — поворот светового пятна на ближнем свете

датчика тумана 5, модуля перемещения обтюратора противотуманного света 6, микроконтроллера 7, модуля изменения силы света и спектра RGB-светодиода 8, модуля осевого перемещения отражателя 9, модуля перемещения обтюратора ближнего света 10, модуля горизонтального перемещения линзы 11, модуля вертикального перемещения линзы 12.

Модуль 8 содержит драйвер и импульсный регулятор силы и спектра света RGB-диода, а модули 6, 9, 10, 11 и 12, кроме драйверов, содержат двигатели перемещения обтюратора противотуманного света, осевого перемещения отражателя, перемещения обтюратора ближнего света, горизонтального и вертикального перемещения линзы соответственно.

Положение светового пучка на дорожном полотне контролируется с помощью модулей горизонтального и вертикального перемещения линзы, а также осевого перемещения отражателя. По сигналу с датчика скорости модуль осевого перемещения линзы изменяет ширину светового пучка, а модуль вертикального перемещения линзы корректирует его положение по высоте, с тем чтобы максимально обеспечить освещённость дорожного полотна вдоль маршрута движения с целью своевременной реакции водителя на изменение дорожной обстановки. Сигнал с датчика положения рулевого механизма позволяет модулю горизонтального перемещения линзы заблаговременно изменять положение светового пятна на дорожном полотне по горизонтали, с тем чтобы при изменении маршрута движения (повороте, обгоне и т. п.) осветить тот участок движения, по ко-

торому будет продолжено движение транспортного средства. Работа всех модулей осуществляется под управлением микроконтроллера.

Формирование различных светораспределений адаптивной системой наглядно иллюстрирует рис. 2. Осевым перемещением отражателя осуществляется изменение ширины светового пучка вплоть до создания светораспределения прожекторного типа для специальных автомобилей. Поворот светового пучка происходит перемещением линзы в горизонтальной плоскости в зависимости от скорости движения и положения рулевого колеса. Перемещение в вертикальном направлении необходимо при формировании противотуманного света, а также при осевой нагрузке на заднюю ось.

Сближение автомобилей изменяет всю картину светораспределения дорожного полотна. Понимание этих изменений позволяет выработать алгоритм снижения ослепления водителей при встречном разезде. При правильной регулировке освещённость точки В50L контрольного экрана для проверки ближнего света фар европейской асимметричной системы светораспределения, соответствующей положению глаз водителя встречного автомобиля, находящегося на расстоянии ~50 м согласно ГОСТ Р 41.1—99 не превышает 0,4 лк, что само по себе исключает ослепление водителя встречного автомобиля. Проблема же состоит в чрезмерной контрастности освещения участка дороги между сближающимися автомобилями по сравнению с освещением обочины. Согласно СНИП для предотвращения чрезмерной контрастности двух раз-

ноярких поверхностей, находящихся рядом, отношение их освещённостей не должно превышать 20 раз. Это соотношение выдерживается при освещении дороги на ближнем свете при движении только одного автомобиля. Так, значение освещённости в зоне 1 контрольного экрана согласно нормам ЕЭК при ООН для ламп Н4 составляет 30 лк, в то время как освещение правой обочины — 2 лк. Как видим, отношение освещённостей составляет 15 раз. Однако дорожное полотно между сближающимися автомобилями будет освещаться двумя автомобилями, а как известно, освещённость дорожного полотна обратно пропорциональна квадрату расстояния до освещаемого участка. Значит, при уменьшении расстояния между автомобилями вдвое, освещённость дорожного полотна между ними вырастет вчетверо и будет многократно превышать допустимое значение. Тогда при перемещении взгляда с правой обочины в любую из зон, освещаемую двумя сближающимися автомобилями, будет наблюдаться ослепление обоих водителей именно вследствие чрезмерной контрастности двух разнотонных участков дороги. Время аккомодации человеческого глаза составляет около 5 с, что при движении обоих автомобилей со скоростями 60 км/ч приведёт к сближению их за это время на 167 м. Неконтролируемая водителями ситуация может привести к аварии на дороге. И наоборот, при переносе взгляда с наиболее освещённого участка на обочину будет наблюдаться эффект "чёрной ямы", когда водитель на время аккомодации практически ничего не видит. Следовательно, необходимо контролировать освещённость дорожного полотна между сближающимися автомобилями и изменять силу света их левых фар с тем, чтобы она не превышала допустимого значения согласно норм ЕЭК при ООН. При этом для сохранения требуемой освещённости обочины сила света правых фар автомобилей изменяться не должна.

Для контроля освещённости в зоне 1 предлагается ввести датчик освещения дорожного полотна, по сигналу с которого модуль изменения силы света и спектрального со-



става RGB-светодиода под управлением микроконтроллера снижает силу света левой фары. Формирование светораспределений дорожного полотна при встречном разезде транспортных средств представлено на рис. 3.

Движение в светлое время суток должно осуществляться с включенными ходовыми огнями, поэтому в конструкции современных автомобилей предусмотрены специальные ходовые огни с определённой силой света, не имеющие четкой светотеневой границы. Поскольку освещённость земной поверхности в светлое время суток может изменяться в несколько десятков раз, то водители транспортных средств, как и пешеходы при переходе через дорогу или движении по тротуарам, подвергаются ослеплению ходовыми (однорежимными) огнями, что существенно увеличивает аварийность на дорогах. Для реализации адаптивных ходовых огней предлагается ввести, как уже было сказано выше, датчик естественной освещённости, по сигналу с которого модуль изменения силы света и спектра RGB-светодиода под управлением микроконтроллера уменьшает силу ближнего света фар с тем, чтобы обнаружение движущегося транспортного средства не приводило к одновременному ослеплению наблюдающего.

Светораспределение противотуманного света имеет свои специфические особенности. Для создания противотуманного света предлагается ввести модуль изменения силы и спектрального состава света, а также датчик тумана, сигнал с которого позволяет в режиме реального времени изменять силу света RGB-светодиода и его цветность на селективно-жёлтый. Для изменения ширины светового пучка введён модуль обтюратора противотуманного света, который совместно с модулями перемещения обтюратора ближнего света, осевого перемещения отражателя и горизонтального, и вертикального перемещения линзы под управлением микроконтроллера формируют светораспределение, характерное для противотуманного света.

Конструкция адаптивной фары, позволяющей реализовать все приведённые виды светораспределения, а также противотуманный свет и хо-

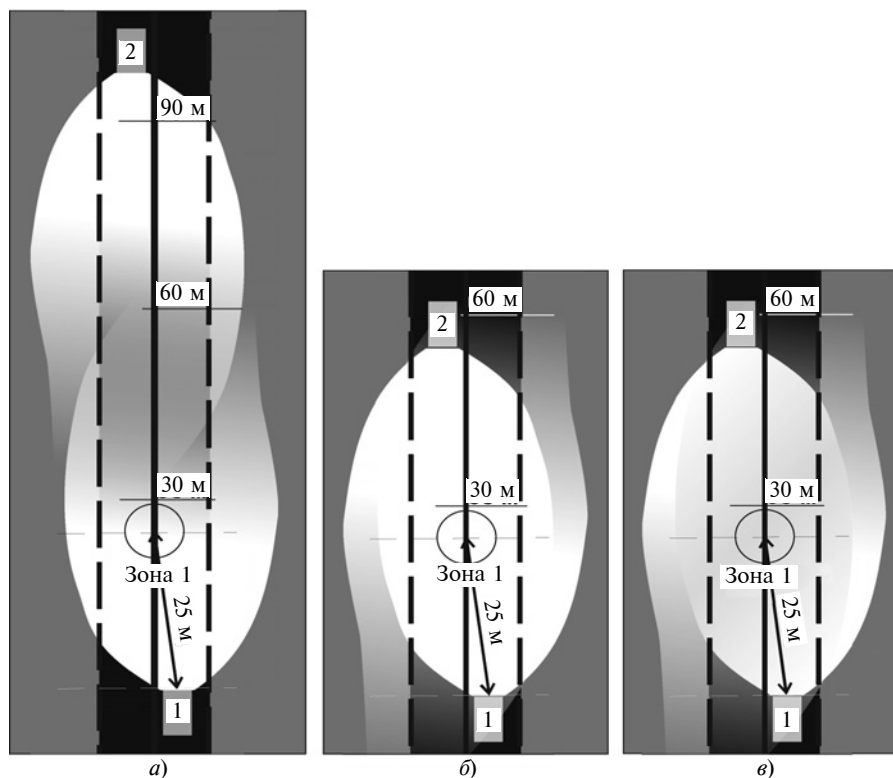


Рис. 3. Формирование светораспределений при встречном разезде:

а — традиционное на расстоянии 100 м; б — традиционное на расстоянии 60 м; в — в предлагаемой схеме на расстоянии 60 м

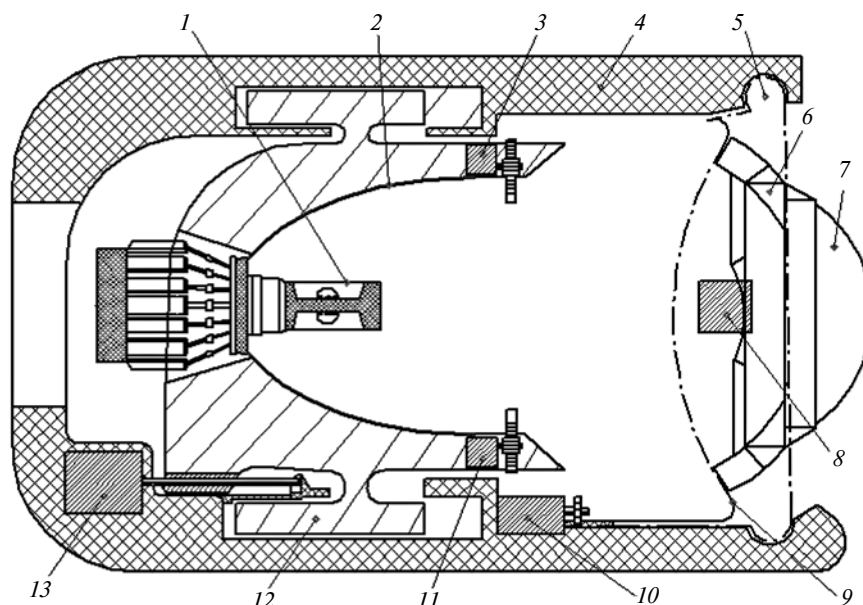


Рис. 4. Конструкция фары инновационной адаптивной системы головного освещения автомобиля

довые огни, приведена на рис. 4. Она состоит из RGB-светодиода 1, отражателя 2, двигателя обтюратора противотуманного света 3, корпуса фары 4, направляющих горизонтального перемещения линзы 5, рамки вертикального перемещения линзы 6, линзы 7, двигателя вертикального перемещения 8, рамки горизонтального перемещения линзы 9, двигателя горизонтального перемещения линзы 10, двигателя обтюратора ближнего света 11, направляющих продольного перемещения отражателя 12, двигателя продольного перемещения отражателя 13.

Таким образом, предложенная инновационная адаптивная система го-

ловного освещения автомобиля позволяет формировать дальний, ближний, противотуманный свет и реализует дневные ходовые огни, обладает низким энергопотреблением, имеет большой срок службы, снижает ослепленность участников движения, увеличивая тем самым безопасность дорожного движения.

#### Литература

1. Ашанин В.Н. Система освещения автомобиля. Учебное пособие (гриф уполномоченного ВУЗа) / В.Н. Ашанин, В.И. Коротков, С.Е. Ларкин. Пенза: Информационно-издательский центр ПГУ, 2012. — 258 с.
2. Королёва Ю.Е. Патент РФ на изобретение № 2 289 754. Способ регулирования положения светового пучка фары транспортного средства и устройство для его осуществления / Ю.А. Королёва, Л.А. Новикова, Л.Г. Новаковский и др. Оpubл. 20.12.2006.
3. Шмидт К. Патент РФ на изобретение № 2 441 778. Система фар прожекторного типа для автомобилей / К. Шмидт, М. Эм. Оpubл. 10.02.2012.
4. Титков С.И. Патент РФ на изобретение № 2 446 963. Фара (варианты) и способ освещения дороги / С.И. Титков, Д.Г. Тарасов. Оpubл. 10.04.2012.
5. Ашанин В.Н. Патент РФ на изобретение № 2656976. Адаптивная система головного освещения автомобиля / В.Н. Ашанин, С.Е. Ларкин, В.П. Мосин. Оpubл. 07.06.2018.



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 629.3.082:658.878

### РАЗВИТИЕ РЕГИОНАЛЬНОГО АВТОСЕРВИСА

ОМЕЛЬЯНЮК Д.Т., СЕМЬКИНА А.С.,  
канд. техн. наук ЗАГОРОДНИЙ Н.А.

Белгородский ГТУ имени В.Г. Шухова (fantarock@mail.ru)

*Представлены результаты исследования развития рынка автосервисных услуг в Белгороде. Рассматриваются возможные проблемы и дальнейшие перспективы развития данной отрасли. Приводятся результаты исследования территориального расположения автосервисов в городе в зависимости от их специализации. Производится сравнительный анализ между независимыми автосервисами и специализированными сервисами. Определяются возможные варианты повышения качества предоставляемых услуг.*

**Ключевые слова:** автомобильный сервис, дилерский центр, независимые автосервисы, сервисное обслуживание, автосервисные услуги, автосервисные предприятия, территориальное расположение.

#### Omeljanuk D.T., Semykina A.S., Zagorodnij N.A. DEVELOPMENT OF REGIONAL CAR SERVICE

*The article presents the results of a study of the development of the auto service market in the city of Belgorod. Possible problems and future prospects for the development of this industry are considered. The results of the study of the territorial location of service centers in the city, depending on their specialization. A comparative analysis is made between independent car services and specialized services. Identified possible options for improving the quality of services provided.*

**Keywords:** car service, dealership, independent garages, service, auto service enterprises, territorial location.

С увеличением автомобильного парка страны для поддержания технически исправного состояния автомобилей и обеспечения их безопасной эксплуатации должны пропорционально развиваться и расширяться и предприятия автомобильного технического сервиса в регионах.

Для открытия такого предприятия требуется решение множества вопросов организационного характера. В первую очередь это выбор организационно-техно-

логический оснастки и помещения, а также набор высококвалифицированных специалистов [1, 2]. Развитие автомобильного сервиса (рис. 1) зависит от созданной инфраструктуры, наименования, количества и качества предлагаемых услуг, стоимости на услуги, конкурентоспособности автосервиса, применения оригинальных запасных частей и расходных материалов, использования специализированного оборудования и инструмента, квалификации и опыта работы сотрудников автосервиса и др.

Разумеется, успешное развитие любого автосервиса во многом определяется удачным выбором местоположения и его доступности: возможность подъезда как на личном, так и на общественном транспорте увеличивает клиентопоток предприятия. Зона автосервиса должна включать производственные помещения, склады, бытовые помещения, зоны для отдыха клиентов во время ожидания, места парковки, тротуары, газоны и др. Выбор месторасположения сервиса определяется не только проходящим потоком потенциальных покупателей, но также и территориальным расположением предприятий, способных составлять конкуренцию. Созданная инфраструктура автосервиса во многом определяет степень развития автосервиса [3].



Рис. 1

Обширный спектр услуг технического сервиса по приемлемой для населения цене увеличивает количество *автомобиле-заездов* в сервисную зону. Востребованность услуг увеличивается в зависимости от качества выполнения и их стоимости. Цена на предоставляемые услуги автосервиса должна устанавливаться с учётом доходов населения региона.

Современные сервисные центры должны быть оснащены высокотехнологичным оборудованием для проведения работ по техническому обслуживанию, диагностике и ремонту автомобилей. Профессиональное оборудование, инструмент позволяют предоставлять качественные услуги по сервисному обслуживанию автомобилей и снизить временные и материальные затраты на его проведение.

Применение качественных оригинальных запасных частей и расходных материалов обеспечивает надёжность и долговечность узлов и агрегатов автомобилей. Проведение работ по сервисному обслуживанию автомобилей высококвалифицированными специалистами обеспечивает безопасную эксплуатацию и поддерживает технически исправное состояние автомобиля на всём сроке службы.

Уровень конкурентной среды между автосервисами определяется спросом на предлагаемые услуги. К факторам конкурентоспособности предприятий автосервиса относятся производственные мощности предприятия, инфраструктура, уровень техники и технологий, складирование, управление запасами, информационное обеспечение, качество предоставляемых услуг, ценовая политика, временные затраты, квалификация персонала, доверие клиентов, репутация предприятия, наличие сертификатов качества и соответствия и т.д. Для повышения конкурентоспособности автосервиса требуется разработка эффективных методов продвижения услуг и применение маркетинговых программ.

Обеспечение качественными услугами технического обслуживания автомобилей может быть достигнуто внедрением системы добровольной сертификации. К такой системе относят услуги по проведению технического обслуживания и ремонта транспортных средств, изначально не подвергающихся сертификации [4]. Под этим понимается комплекс действий третьей стороны, направленных на подтверждение соответствия результата предоставленных услуг или выполненной работы, с последующей выдачей документально заверенного сертификата.

Цели проведения добровольной сертификации: повышение конкурентоспособности предоставляемых услуг; содействие потребителям в правильности выбора услуг; предоставление гарантированной безопасности в использовании качественных материалов, товаров и услуг; подтверждение высокого уровня качества предоставляемых услуг [5].

На сегодняшний момент автомобильный рынок в России структурирован и состоит из трёх уровней: дилерские центры; независимые автосервисы; индивидуальные мастерские [6].

*Дилером* является предприятие, деятельность которого заключается в обслуживании и продаже товаров производителя (одного или нескольких). Такой сервис

принимает на себя обязанности, связанные с обслуживанием, ремонтом, а также обеспечением потребителей запасными частями [7]. К деятельности дилерских центров относят продажу новых и подержанных автомобилей, дополнительного оборудования, запасных частей и расходных материалов, страховых полюсов, продление страховых полюсов, кредитование автомобилей, покупку подержанных автомобилей, обмен автомобилей, гарантийное и постгарантийное обслуживание автомобилей, слесарный и кузовной ремонт. Основной задачей отдела сервисного обслуживания автомобилей является поддержание и восстановление работоспособности автомобиля, обеспечение безопасной эксплуатации автомобиля.

К *независимым* относятся автосервисы, осуществляющие свою деятельность не в составе дилерской сети завода-изготовителя. Их деятельность — услуги по ремонту, техническому обслуживанию и диагностике автомобилей. Такие автосервисы по своей производственной мощности могут включать 2—3 поста (мелкие), 3—6 постов (средние), 6—10 (крупные).

*Индивидуальные мастерские* отличаются минимальным количеством оборудования и инструмента, небольшими размерами предприятия, низкой стоимостью услуг. В основном индивидуальные мастерские специализируются на одном конкретном виде работ.

Авторами проведено исследование развития автосервисных предприятий в Белгороде, где за период с 2010 по 2018 г. существенно выросло число дилерских центров и независимых автосервисов. На данный момент в городе насчитывается 40 официальных дилеров (в 2010 году было 20) и ~120 независимых автосервисов [8, 9].

Часть рынка, занимаемая независимыми автосервисами, гораздо больше. Такие предприятия в основном занимают небольшую площадь и насчитывают в своём составе несколько машиномест. Основное их преимущество — более гибкая ценовая политика, обусловленная тем, что для привлечения клиентов в начальные периоды развития цены на предоставление услуг устанавливаются ниже рыночных. Кроме того, им не нужно заключать соглашений с заводами-изготовителями, напрямую влияющими на определение цен.

Анализ автосервисных предприятий в зависимости от их территориального месторасположения производился по следующим районам города: Старый город, Болхолец, Северный, Крейда, Харьковская гора, Центральный. Установлено следующее распределение независимых СТО по районам Белгорода (рис. 2): в Центральном районе сосредоточено наибольшее число независимых автосервисов — 41 %; на районы Харьковской горы и Северный приходится 27 % и 13 % соответственно; наименьшая часть рынка — в районах Старый город (4 %), Болхолец (3 %) и Крейда (12 %). Распределение дилерских автосалонов по районам города Белгорода представлено на рис. 3. Наиболее высокое процентное соотношение от всех дилерских автосалонов занимает район Северный. Следующими, в зависимости от плотности насыщения, предприятия являются: Харьковская гора и Центральный. Отсутствуют дилерские центры в районах Болхолец и Старый город.

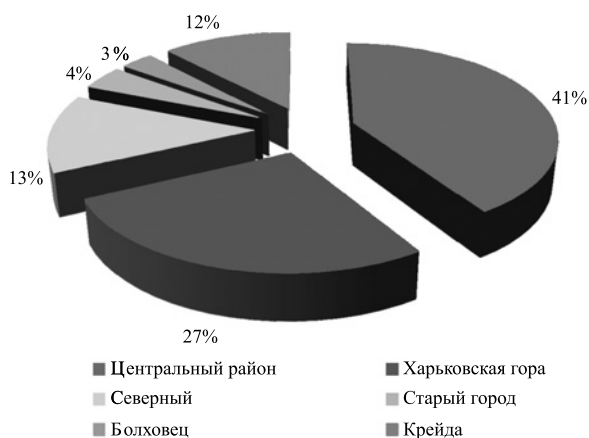


Рис. 2

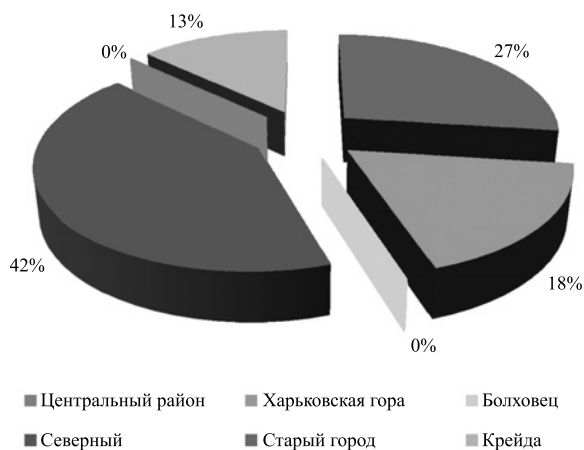


Рис. 3

Конкуренция в автомобильной сфере бизнеса значительно растёт, поэтому предприятия, целью которых является завоевание твёрдой и надёжной позиции на рынке, обязаны устанавливать в приоритет качество предоставляемых услуг. Обеспечить слаженную работу возможно при помощи использования программ автоматизации, которые способны распределить загрузку рабочих постов и участков, производить контроль выполняемых работ, а также отслеживать движение материальных потоков внутри конкретного рабочего процесса.

Анализ динамики роста рынка услуг автомобильного сервиса в Белгороде показывает, что конкуренция между автосервисными предприятиями возрастает. Борьба за потребителя в таких условиях заставляет автосервисы повышать качество предоставляемых услуг, оставляя неизменными их стоимость. Такие факторы позволяют прогнозировать грядущее сокращение числа гаражных сервисов. Авторизованные же независимые автосервисы, повышая уровень и качество своего обслуживания, вполне способны конкурировать с дилерскими сервисами в сфере ремонта и технического обслуживания автомобилей.

Повышению потребительского спроса способствует наличие привлекательных лизинговых и кредитных программ, систем лояльности. Разработка маркетин-

говых предложений, в которых содержатся льготные условия для покупателя авто, проводится в основном к концу года, и наиболее высокая активность наблюдается в конце сезона. Именно поэтому в России число авторизованных сервисов на сегодняшний день составляет 35 %, что на 25 % больше, чем в 2010 г. [10].

Тесное сотрудничество с заводами-изготовителями — большое преимущество, отражающееся на качестве выполнения работ. Это обусловлено тем, что дилерские центры получают полную техническую документацию по обслуживанию и ремонту, а также непосредственную поставку оригинальных запасных частей от изготовителя. От лица производителя, в свою очередь, происходит контроль сервисных площадей, наличия необходимого оборудования и квалификации персонала. Недостаток же таких сервисов состоит в повышенном нормировании труда: цена нормо-часа отличается на 20—30 % в большую сторону от таковой в независимом автосервисе [11].

Увеличение числа авторизованных сервисов свидетельствует о совершенствовании ассортимента и качества услуг. Исходя из потребительских предпочтений можно сделать вывод, что ключевыми для клиентов являются качество и добросовестное выполнение работ. Нельзя не отметить приемлемость цен на выполнение различного рода услуг. Авторизованный сервис зачастую соответствует высоким стандартам качества, однако по истечении гарантийного срока многие клиенты рассматривают в качестве предпочтительных независимые мастерские, что связано в основном с более низким уровнем цен. В таких условиях конкурентной борьбы независимые сервисы повышают собственные стандарты качества, оставляя неизменными цены на услуги. Для развития автосервисных услуг официальных дилерских центров требуется проведение маркетинговых акций и скидок для отдельных групп автомобилей, находящихся на гарантийном и постгарантийном периодах, установление приемлемой цены на товары и услуги в зависимости от доходов населения, что позволит удержать большее число клиентов.

К направлениям развития услуг автомобильного сервиса следует отнести борьбу с теневым автомобильным бизнесом и ликвидацию нелегальных мастерских по причине отсутствия контроля, возможности использования контрафактных запасных частей и проведения работ неквалифицированными специалистами. Предоставление частных услуг индивидуальными мастерскими снижает уровень развития отделов технического обслуживания дилерских центров и независимых автосервисов [12].

Ценовая политика в сфере запасных частей в официальных дилерских центрах, независимых автосервисах, магазинах запасных частей и интернет-магазинах не должна иметь существенных различий. Развитие услуг автосервиса в Белгороде предполагает возможность регулярного использования интернет-ресурсов, смартфонов и гаджетов для выбора сервисного центра и приобретения запасных частей. Использование различного рода приложений упрощает задачу владельцам в поисках автосервиса в зависимости от собственных предпочтений, получении требуемой информации и

консультаций, записи онлайн на сервис, проведением удалённой диагностики и т.д.

Применение современного компьютерного оборудования, программ и платформ на автосервисах позволяют выполнять оформление заказ-нарядов гораздо быстрее, что сокращает общее время обслуживания автомобиля, выходящие документы имеют юридическую силу. Минимизация времени, затрачиваемого на ТО или ремонт автомобиля, может быть достигнута с уменьшением документооборота, что оказывает влияние на увеличение клиентопотока для предприятий.

Как видим, с каждым годом в Белгороде происходит развитие автосервисных услуг, увеличивается число дилерских центров и независимых автосервисов, наблюдаются изменения в качестве обслуживания и предложении товаров и услуг сервисными центрами. Каждое предприятие, предлагающее услуги по ТО и ремонту автомобилей, разрабатывает свои стратегии по привлечению новых клиентов и удержанию старых. Наблюдается значительное снижение числа клиентов у дилерских центров автомобилей, гарантийный срок которых истек. Поэтому требуется предложение различных акций, скидок и изменения нормо-часа для постгарантийных автомобилей. Для обеспечения высокой загрузки предприятия требуется использование высокотехнологичного оборудования, проведение работ высококвалифицированными специалистами, применение различных средств маркетинга.

Для развития услуг технического сервиса требуется тщательное изучение рыночных возможностей, спроса на услуги, учёт взаимосвязанных факторов, влияющих на спрос товаров и услуг автосервисов и анализ появления рисков, а для развития перспективного — разработка методики, позволяющей учитывать все пока-

затели спроса в условиях рыночных отношений и существующей конкуренции.

#### Литература

1. Волгин В.В. Автосервис. Структура и персонал: Практическое пособие. — 5-е изд. — Москва: Дашков и К<sup>2</sup>, 2012. — 82 с.
2. Волгин В.В. Склад. Логистика, управление, анализ. — М.: ИТК "Дашков и К<sup>2</sup>", 2008.
3. Горгоц О.В. Перспективы предоставления услуг предприятиями автосервиса / О.В. Горгоц, Г.В. Горшков // В сборнике: Условия успешного кластерного развития промышленного комплекса Ханты-Мансийского автономного округа — Югры. Компоненты и технологии в автопроме и дорожном строительстве. Сборник научных трудов региональной научно-технической конференции. Автор-составитель: Лесковец Дмитрий Олегович. 2016. С. 23—30.
4. Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года // Министерство транспорта Российской Федерации URL: <https://www.mintrans.ru/documents/3/1009> (дата обращения: 26.02.2019).
5. Сергеев А.Г., Латышев М.В. Сертификация: Учебное пособие для студентов вузов. — 2-е изд., перераб. и доп. М.: Логос, 2001. — 264 с.
6. Чахаева К.Н. Основные тенденции развития российского автомобилестроения, формирующей доминантные факторы спроса на автосервисные услуги / К.Н. Чахаева // Вопросы структуризации экономики. 2010. № 4. С. 148—151.
7. Волгин В.В. Автосервис. Маркетинг и анализ: Практическое пособие. — 5-е изд. — Москва: Дашков и К<sup>2</sup>, 2010. — 97 с.
8. Автосалоны в Белгороде // АвтоТочки URL: <http://belgorod.avtotochki.ru/catalog/avtosalony/pi7c351964077248/> (дата обращения: 26.02.2019).
9. Официальные дилеры Белгорода // Дром URL: <https://belgorod.drom.ru/dealers/> (дата обращения: 26.02.2019).
10. Семыкина А.С. Сравнительная характеристика рынка автосервисных услуг Германии и России / Семыкина А.С., Конев А.А. // Актуальные проблемы современной науки в 21-м веке: сборник материалов 1-й Международной науч.-практ. конф., 31 марта, 2013 г. / НИЦ "Апробация" — Москва: Издательство Перо, 2013. — С. 16—19.
11. Волгин В.В. Автосервис. Производство и менеджмент: Практическое пособие. — 5-е изд. — Москва: Дашков и К<sup>2</sup>, 2010. — 114 с.
12. Семыкина А.С. Особенности создания клиентированной компании для сферы сервиса транспортных и технологических машин / Семыкина А.С., Конев А.А. // Современные наукоемкие технологии. 2013. № 8-2. С. 225—227.

УДК 621.331

## ОСОБЕННОСТИ ЭКСПЛУАТАЦИИ ДИФФЕРЕНЦИАЛОВ АВТОМАТИЧЕСКИХ КОРОБОК ПЕРЕДАЧ

Д-ра экон. наук **ШЕПЕЛЬ В.Н.**, **СПЕШИЛОВА Н.В.**, кандидаты техн. наук **ЮРШЕВ В.И.**, **ТАВИЛОВ И.Ш.**, **РЕПЯХ В.С.**

Оренбургский ГУ (3532. 37-25-11)

*Исследованы причины отказов дифференциалов автомобилей, связанные с повреждением деталей. Приведены рекомендации особенностей условий эксплуатации, обеспечивающих наибольшую надёжность и долговечность при эксплуатации.*

**Ключевые слова:** дифференциал, повреждение, нормальные условия эксплуатации.

**Shepel V.N., Speshilova N.V., Yurshev V.I., Tavtilov I.Sh., Repyah V.S.**

## FEATURES AND OPERATION DIFFERENTIAL AUTOMATIC TRANSMISSION

*Investigated the causes of failure of differentials of vehicles associated with damage to parts. Recommendations of features of the operating conditions providing the greatest reliability and durability at operation are given.*

**Keywords:** differential, damage, normal operating conditions.

В процессе эксплуатации дифференциал автомобиля испытывает значительные нагрузки, особенно при движении по дороге, например, с твёрдым покрытием в плохом состоянии или буксовании (по гололёду, грязи). Поэтому материалом для деталей дифференциала обычно служит сталь: для шестерён главной передачи — марок 19ХГН, 20ХН2М, 20ХГНР, 20ХН3А, 20Х2Н4А и 30ХГТ; для полуосей — 30ХГС, 38ХГСФ, 40Х, 40Г, 35Х2ГСМА, 40ХМА, 40ХНМА; для сателлитов — 18ХГТ, 20ХН2М, 20ХГНР, 20ХН3А; для осей сателлитов — 18ХГТ, 20ХН3А, 40Х и др. [1]. Шестерни главной передачи подвергаются химико-термической обработке (цементации), закалке и низкотемпературному отпуску или азотированию с обеспечением поверхностной твёрдости 56—62 НРС. Оси сателлитов из малоуглеродистых сталей подвергаются цементации, а из среднеуглеродистых — закалке ТВЧ. Поковки указанных деталей проходят нормализацию, а полуосей — улучшение. Шлицы отдельно подвергают закалке ТВЧ [1].

При прямолинейном движении, когда колёса нагружены одинаково и имеют равную угловую скорость вращения, механизм работает в качестве передаточно-

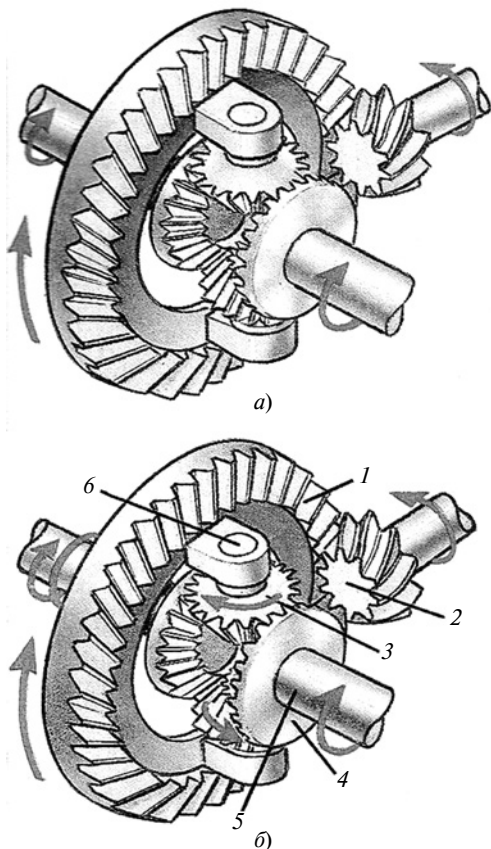


Рис. 1. Схема работы дифференциала при движении по прямой (а) и на повороте (б):

1 — ведомая шестерня; 2 — ведущая шестерня; 3 — сателлит; 4 — полуосевая шестерня; 5 — полюсь; 6 — ось сателлитов

го звена. Если условия движения изменяются (поворот, пробуксовка) — нагрузка становится неравномерной. У полуосей появляется необходимость вращаться с разными скоростями и, как следствие, становится необходимым распределить полученный крутящий момент между ними в определённом соотношении. Тогда узел выполняет свою главную функцию — обеспечение безопасного маневрирования автомобиля без пробуксовки, вследствие разницы радиусов поворота для правого или левого колеса (рис. 1).

Вращение сателлитов в корпусе дифференциала происходит при относительно невысокой скорости вследствие разной скорости вращения левого и правого колеса в повороте. В режиме вращения сателлитов с большой угловой скоростью одно колесо раскручивается до высоких оборотов при неподвижном или медленно вращающемся другом колесе. Это происходит, например, зимой при расположении одного колеса на поверхности с хорошим коэффициентом сцепления (например, асфальт), а другого колеса — на поверхности с низким коэффициентом сцепления (лёд, снег). То же самое — при буксовании автомобиля в грязи или в бездорожье (в колею или при вывешивании колеса, при попытке вывести застрявший автомобиль из грязи или снега путём «раскачивания» автомобиля, при интенсивном трогании с места (также с пробуксовкой).

Описанные выше состояния касаются езды в экстремальных режимах, а также движения по пересечённой местности. Поэтому если на автомобиле предусмотрена ручная блокировка дифференциала, использовать её нужно исключительно в соответствующих дорожных условиях. На шоссе же автомобили эксплуатировать без дифференциала вообще невозможно и даже опасно.

Прекращение передачи крутящего момента на ведущие колёса может возникнуть из-за поломок отдельных деталей дифференциала. Причины поломки могут быть разными, но, как правило, связаны с различными скрытыми дефектами (раковин, микротрещин), не выявленными при сборке дифференциала (что весьма маловероятно), либо возникшими при эксплуатации.

Авторами выполнено исследование с целью выявления причин повреждений деталей дифференциала гарантийного автомобиля с пробегом до 100 000 км. Внешний вид дифференциала представлен на рис. 2. После разборки коробки передач были извлечены части дифференциала — полуосевые шестерни и сателлиты с шайбами, а также ось сателлитов.

В картере главной передачи, в технологических отверстиях с остатками масла наличие посторонних включений обнаружено не было (рис. 3). Дефекты в дифференциале: в месте посадки правого вала привода колеса в дифференциал (рис. 4—6); места установки



Рис. 2. Внешний вид дифференциала



Рис. 3. Отсутствие посторонних включений в технологических отверстиях

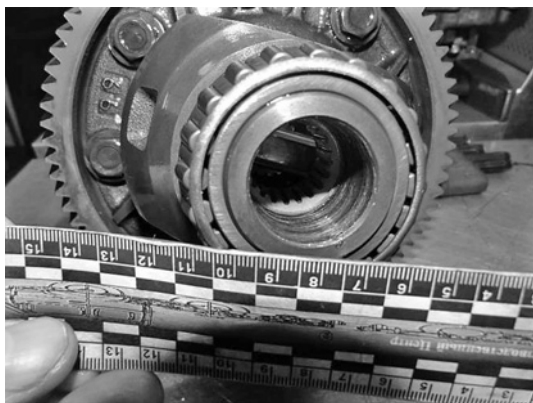


Рис. 4. Входное отверстие правого вала привода

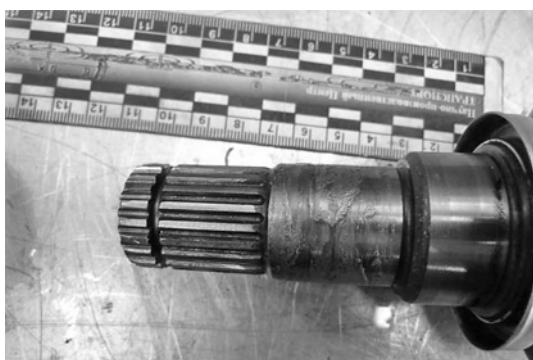


Рис. 5. Повреждения в месте посадки правого вала привода в дифференциал



Рис. 6. Разорванный защитный чехол внутреннего шарнира правого вала

сателлитов на ось (рис. 7, 8); на сателлитах и шайбах (рис. 8, 9).

Данные дефекты подтверждаются схватыванием и переносом металла в местах контакта, цветами побелости на изношенной поверхности сателлитов и полуосевых шестерен в корпусе дифференциала. Повреждения в месте посадки правого вала привода в дифференциал также имеют признаки проплавления металла с его переносом и следами схватывания (рис. 4–6). Рабочие поверхности повреждены как в

месте установки оси сателлитов в корпус дифференциала, так и в месте установки сателлита. Такие результаты износа могут быть получены по причине многократного превышения частоты вращения сателлита на оси, превышающей параметры вращения при нормальной эксплуатации автомобиля.

Ось сателлитов имеет характерные повреждения тех мест, где вращаются сателлиты с большой скоростью (рис. 7, 8). Вначале ухудшаются условия смазки сателлитов, приводящие на конечном этапе к местному перегреву смазочного материала и схватыванию поверх-



Рис. 7. Повреждения оси сателлитов



Рис. 8. Полуосевые шестерни и ось, сателлиты с шайбами



Рис. 9. Повреждения на сателлитах в местах прижатия их к коробке дифференциала

ностей трения. Повышение температуры приводит к изменению микроструктуры металла и возникновению термических напряжений, влияющих на физико-механические свойства деталей дифференциала с прогрессированием интенсивного износа.

Признаки чрезмерного нагрева по цветам побежалости на поверхности контактирования имеют: сателлиты, шайбы сателлитов, полуосевую шестерню, место контакта шайбы сателлита с корпусом дифференциала (рис. 8—11). Цвета побежалости свидетельствуют о нагреве детали в процессе эксплуатации; для синего цвета температура составляет 340 °С [2]. Следовательно, попутно деталь подвергалась поверхностному нагреву выше температуры отпуска [3, 4], соответственно в



Рис. 10. Посадочная поверхность сателлита в корпусе дифференциала



Рис. 11. Посадочная поверхность полуосевой шестерни в корпусе дифференциала



Рис. 12. Протектор переднего правого колеса



Рис. 13. Повреждения подкрылка правого переднего колеса

ней развивались отпускные процессы, сопровождающиеся снижением твёрдости.

Шина переднего правого колеса имеет существенные признаки, точнее последствия экстремального вождения автомобиля — это вырыв части материала беговой дорожки протектора (рис. 12). Дефект проявляется в большей степени на правом переднем колесе, чем на левом, что свидетельствует о движении колёс в поперечном направлении движения, т. е. при заносе. На задних колёсах дефект не выявлен. Помимо данного дефекта имеется разрыв подкрылка правого переднего колеса (рис. 13).

В руководствах по эксплуатации редко содержатся сведения, касающиеся недопустимости буксования ведущих колёс автомобиля. Есть лишь рекомендации избегать интенсивного буксования ведущих колёс, в которых не прописана вероятность повреждения дифференциала, а также общие рекомендации эксплуатации автомобилей и правил безопасного вождения [5, 6], в которых имеется лишь информация о возможных последствиях неграмотной эксплуатации.

При интенсивном буксовании автомобиля с автоматической коробкой передач происходит переключение с первой на последующие передачи (в автоматическом режиме). Это сопровождается работой сателлитов с локальным и недопустимым перегревом масла. Соответственно, высокие скорости вращения приводят к схватыванию металла даже при наличии смазочного материала. Контактные перегрузки перегревают масло свыше 340 °С, а трансмиссионное масло при температуре выше 140...210 °С теряет свои свойства [7]. В результате происходит разрушение смазочного слоя и возникает сухое трение, приводящее к резкому увеличению коэффициента трения, сопровождаемое прерывистым движением и повышением интенсивности изнашивания.

По результатам исследования изношенного дифференциала главной передачи автомобиля авторы при-



шли к выводу, что причиной неисправности стала совокупность применённых водителем режимов движения автомобиля, далёких от рекомендованных в эксплуатации. Таким образом, неисправность носит "эксплуатационный характер". При буксовании автомобиля необходимо контролировать обороты двигателя и не допускать переключения передач выше первой.

#### Литература

1. Масино М.А. и др. Автомобильные материалы: Справочник инженера-механика / Масино М.А., Алексеев В.Н., Мотовилин Г.В. — 2-е изд., перераб. и доп. — М.: Транспорт, 1979. — 288 с.
2. Слесарное дело и основы материаловедения. Макиенко Н.И. Изд. 4-е и перераб. и доп. М.: Высшая школа, 1971. 480 с.
3. Справочник. Термическая обработка в машиностроении: под ред. Ю.М. Лахтина, А.Г. Рахштадта. — М.: Машиностроение, 1980. — 783 с.
4. Лахтин Ю.М. Материаловедение [Текст]: учеб. для вузов / Ю.М. Лахтин, В.П. Леонтьева. — 3-е изд., перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 1990. — 528 с.
5. ГОСТ Р 52051—2003 Механические транспортные средства и прицепы. Классификация и определения. Дата введения в действие 01.01.2004.
6. Постановление Правительства РФ от 23.10.1993 N 1090 (ред. от 04.12.2018) «О Правилах дорожного движения» (вместе с «Основными положениями по допуску транспортных средств к эксплуатации и обязанности должностных лиц по обеспечению безопасности дорожного движения»).
7. Основы трибологии (трение, износ, смазка) [Текст]: учебник для вузов / Э.Д. Браун [и др.]; под ред. А.В. Чичинадзе. — М.: Центр «Наука и техника», 1995. — 778 с.

УДК 62-611

## КОМПОНЕНТНЫЙ СОСТАВ БЕНЗИНОВ СТАНДАРТА "ЕВРО"

Канд. хим. наук **ХОДЯКОВ А.А.**, **ХЛОПКОВ С.В.**,  
кандидаты техн. наук **АБУ-НИДЖИМ Р.Х.Ю.**, **БЕРНАЦКИЙ В.В.**, **ШАБАНОВ А.В.**  
РУДН, Московский политехнический университет (МАМИ),  
Центр испытаний НАМИ (saaha-1955@mail.ru)

*Приведён анализ результатов исследования физико-химических свойств семи проб бензина разных производителей.*

**Ключевые слова:** бензин, стандарт ЕВРО, фракционный состав, углеводородный состав, диэлькометрия.

**Khodyakov A.A., Khlopkov S.V., Abu-Nidzhim R.Kh.Yu., Bernatskiy V.V., Shabanov A.V.**

### FEATURES OF THE COMPONENT COMPOSITION OF PETROL STEPS STANDARD EURO

*The analysis of the results of a study of the physicochemical properties of seven samples of gasoline from different manufacturers is given.*

**Keywords:** gasoline, EURO standard, fractional composition, hydrocarbon composition, dielectrometry.

Россия перешла на использование топлив стандарта "Евро-5", но, к сожалению, это событие не стало само по себе гарантией должного качества топлива во всех регионах и всегда. Признаками фальсифицированного бензина являются ухудшение разгонной динамики автомобиля, провалы мощности двигателя при нажатии на педаль акселератора, нестабильная частота вращения коленчатого вала ДВС на холостом ходу. Зачастую приемлемое значение октанового числа обеспечивают добавляя присадки, которые при длительной работе "отравляют" нейтрализатор отработавших газов. Предвидя опасность заправки некачественным топливом, автомобилисты используют самый простой способ решения проблемы — заправлять автомобиль только на проверенных АЗС.

Однако надо признать, что в последние годы ситуация с качеством

топлива начинает меняться в лучшую сторону. Входит в практику постоянный контроль состава и физико-химических свойств нефтепродуктов. Проверки качества топлива проводят все крупные компании, производящие товарный бензин. Контролирующие специалисты несут личную ответственность за качество топлива. Причём производителям и заправочным станциям такой мониторинг выгоден, так как за качество топлива они отвечают своим именем и репутацией.

Автомобильное топливо является сложной многокомпонентной системой, и в полной мере оценить его качество возможно только при лабораторных испытаниях специалистами химической лаборатории. Проверка качества топлива включает несколько этапов, в ходе которых определяются физико-химические свойства бензинов измерением ряда параметров.

Современные автомобильные бензины представляют собой смесь компонентов, получаемых в ходе различных технологических процессов. В зависимости от состава сырья и технологии синтеза в бензинах может присутствовать большое количество индивидуальных углеводородов. Повышенное содержание в таком топливе ароматических углеводородов требует не только улучшения рабочих характеристик двигателя, но и контроля физико-химических свойств компаунда бензиновых фракций. Групповой углеводородный состав оказывает влияние и на октановое число бензинов. Каждый углеводород имеет свою смешительную характеристику, октановое число смешения. Адекватность математических моделей, с помощью которых рассчитывают октановые числа, вызывает сомнения. Для оценки эксплуатационных свойств моторных топлив в настоящее время применяют рефрактометрию, денсиметрию, диэлькометрию и метод магнитного двулучепреломления. Эти экспресс-методы анализа могут служить препятствием к проникновению на рынок фальсификатов и некондиционных топлив.

Авторами было проведено исследование химической активности семи проб топлива разных производителей, определено содержание в бензинах насыщенных, ненасыщенных и ароматических углеводородов; методом диэлькометрии измерить октановые числа образцов бензина и насыщенных углеводородов. Для получения данных, позволяющих сделать надёжные выводы, использовали системный подход, за-

ключающийся не в исследовании одного-двух образцов бензина, а целой серии проб топлива. В качестве иллюстрации необходимости контроля отличий параметров, характеризующих физико-химические свойства бензинов, были проведены опыты по поглощению паров топлива активированным углём.

Известно, что качество бензина характеризуется как эксплуатационными показателями, так и его экологическими свойствами. При этом введение современных норм и стандартов, которые связаны с модифицированием компонентного состава топлива, ставит задачу контроля физико-химических свойств бензинов [1–6].

Присутствие в бензинах насыщенных (предельных) углеводородов определяли, используя концентрированную серную кислоту, которая, не реагируя с предельными углеводородами, взаимодействует с ненасыщенными (алкены, олефины) и ароматическими углеводородами [7, 8]. Опыты проводили в делительной воронке. В воронку заливали сначала бензин (30 мл), а затем концентрированную серную кислоту (40 мл).

Массу объектов исследования измеряли на порционных весах ВЛТЭ-150. По методике ГОСТа опыты проводят, взбалтывая пробы бензина с серной кислотой в течение 30 мин, один раз [9]. Но в данном случае однократное взаимодействие компонентов бензина кислотой было заменено на четырёхкратную обработку проб. В организованных таким образом опыта соотношение массы свежих порций кислоты к топливу возрастало с 3,5:1 до 9:1. Общее время контакта бензинов с

реагентом составляло 40 мин. Измерение массы насыщенных углеводородов, формирующих в делительной воронке верхний слой, проводили после встряхивания (в течение 10 мин), отстаивания, разделения смеси, и слива находящегося в нижней части воронки сернокислотного слоя. До помещения в измерительную ёмкость проб насыщенных углеводородов воронку с оставшимся в ней топливом троекратно промывали дистиллированной водой. Представленная организация опытов с серной кислотой связана с высоким содержанием в современных бензинах ароматических углеводородов, а также с использованием в качестве антидетонатора бензола и монометиланилина ( $C_6H_5NHCH_3$ ), содержащего бензольное кольцо [1, 10–12].

В бензинах могут присутствовать кислородсодержащие соединения — спирты и эфиры (оксигенаты) [1, 10–12]. Для установления возможности формирования (аналогично алкенам и ароматическим углеводородам) оксигенатами сернокислотного слоя было изучено воздействие  $H_2SO_{4\text{конц}}$  на смеси н-гептана с изопропиловым (абсолютированным) спиртом (ИЗС) и метилтрет-бутиловым эфиром (МТБЭ). Содержание ИЗС и МТБЭ в таких двухкомпонентных смесях составляло ~33–39 %.

Фракционный состав проб бензинов определяли по температурам перегонки, измеренным ртутным термометром, входящим в комплект автоматического аппарата для разгонки нефтепродуктов АРНС-1Э, кислотность — титрованием спиртовым раствором КОН смесей бензина с 80%-ным этанолом. Для ин-

дицирования избытка  $OH^-$  использовали кислотно-основной индикатор фенолфталеин ( $pH = 8,0...9,6$ ).

Плотность образцов топлива измеряли нефтесиметрами (ареометрами), октановые числа — индикатором (октанометром) "Октан-ИМ". Диапазон измерения октановых чисел (по исследовательскому методу — ОЧИ, по моторному методу — ОЧМ) — от 67 до 98. Предел допускаемой абсолютной погрешности измерения ОЧ составлял  $\pm 2$  октановые единицы (о.е.). Измерения ОЧИ проводили, используя заводскую калибровку октанометра.

Объектами исследования были пробы бензинов (Б-1, Б-2, Б-3, Б-4, Б-5, Б-6) марок АИ-95, АИ-98, приобретенных в разное время на автозаправочных станциях России и Испании (проба Б-7). Объёмы жидкостей, в зависимости от выполняемых методов испытания, варьировали от 1 до 100 мл.

Из сопоставления данных (табл. 1) и нормативных значений следует, что такие параметры, как плотность, кислотность, температура конца кипения проб бензинов, остаток в колбе соответствуют представленным в сносках таблицы стандартам. Однако бензины Б-1 и Б-2 имеют, по сравнению с другими образцами, самую низкую и высокую величину остатка в колбе, более низкие значения  $t_{\text{кк}}$  и высокую кислотность. Аналогичная закономерность наблюдается и в значении октанового числа. Так, например, в Б-2 этот показатель составил 100 о.е.

В опытах с концентрированной серной кислотой замечено, что при первичной и вторичной обработках проб Б-1 и Б-2 верхний слой жидкости в делительной воронке приобретает красноватый оттенок. Смесей топлива с кислотой (первая обработка), по сравнению со смесями  $H_2SO_{4\text{конц}}$  — Б-3–7, не только, сильно вспениваются, но и нагреваются, обжигая руки при взбалтывании жидкостей. Это может быть связано с высоким содержанием в бензинах Б-1 и Б-2 отдельно взятого компонента. Причём взаимодействие такого компонента с серной кислотой, в отличие от алкенов и ароматических углеводородов, протекает бурно, с большим выделением тепла. Аналогичное течение процесса наблю-

Таблица 1

Бензин	Плотность $\rho$ , кг · м <sup>-3</sup> , при 15 °С	Остаток в колбе, %	Температура конца кипения $t_{\text{кк}}$ , °С	Кислотность К, мг КОН на 100 мл
Б-1	738	1,9	175	2,6
Б-2	743	0,7	176	2,8
Б-3	754	1,5	206	1,1
Б-4	748	0,9	187	1,7
Б-5	754	1,0	201	1,2
Б-7	736	0,9	208	2,2
Нормативные значения	720...780 (ГОСТ 32513—2013)	Не более 2 (ГОСТ 32513—2013)	Не выше 215 (ГОСТ 32513—2013)	Не более 3 (ТУ 38.001.165-87)

далось при воздействии  $H_2SO_{4\text{конц}}$  на смеси н-гептана с изопропиловым спиртом. Это может свидетельствовать о присутствии в Б-1 и Б-2 одноатомных спиртов. Следует отметить, что изопропиловый спирт и МТБЭ, реагируя с серной кислотой, формируют (алогично алкенам и ароматическим углеводородам) в делительной воронке сернокислотный слой.

В табл. 2 представлено массовое содержание в пробах топлив насыщенных углеводородов. Низкие значения  $C_{\text{нас}}$  в Б-1 и Б-2 не отражают, в отличие от других образцов, истинного значения концентрации предельных углеводородов, так как бурное течение процесса взаимодействия Б-1 и Б-2 с  $H_2SO_{4\text{конц}}$  может привести к существенной потере присутствующих в бензинах углеводородов. Поэтому целесообразно анализировать концентрации предельных углеводородов в пробах Б-3—7. Такой анализ показывает, что содержание насыщенных углеводородов в бензинах варьируется от 46,1 до 59,7 %, т. е. различно.

Свидетельством различий в содержании предельных углеводородов являются данные, представленные в литературных источниках, включая тесты бензинов европейского стандарта [13—6]. Так, усреднённое значение объёмного содержания изоалканов, н-алканов и цикланов в пробах бензинов каталитического риформинга составляет 46,8 % [15]. В бензине (АИ-93) каталитического крекинга (без антидетонационных присадок) концентрация предельных углеводородов равна 56,9 об. %, в товарном топливе — 58,3—59,5 об. % [13]. В конечном итоге различное содержание насыщенных углеводородов определяется типом технологии производства компонентов бензина и вариантом компаундирования, применяемого для получения бензинов требуемых марок [14].

Алкены, взаимодействуя с  $H_2SO_{4\text{конц}}$ , формируют в делительной воронке (так же как и арены) нижний сернокислотный слой. Объёмная доля олефиновых углеводородов по нормативам на бензины не должна превышать 18,0 % [1]. Представленные в литературе тесты свидетельствуют как о присутствии, так

и об отсутствии в выпускаемых различных производителями бензинах олефинов [10—12]. Поэтому было проведено качественное определение наличия в пробах бензинов углеводородов, в структуре которых, так же как и в алкенах, между атомами углерода реализуется двойная химическая связь. Для такого рода испытаний использовали перманганат калия, который эффективно реагирует с такого рода углеводородами.

Установлено, что после введения реактива в пробы топлив со временем происходит изменение цвета водного раствора  $KMnO_4$ . Фиолетовый окрас перманганата калия исчезает, и в растворе, который приобретает коричневый цвет, появляются бурые хлопья. Через сутки в приготовленных таким образом образцах бурые хлопья не исчезают, раствор становится бесцветным. Наблюдаемые в опытах с перманганатом калия эффекты изменения цвета водного раствора и образование бурых хлопьев свидетельствуют, что в бензинах присутствуют углеводороды с двойной химической связью. Такими углеводородами в бензинах в первую очередь являются олефиновые углеводороды.

Содержание углеводородов, реагирующих с серной кислотой и формирующих сернокислотный слой, представляет собой разницу масс проб топлива до и после их обработки  $H_2SO_{4\text{конц}}$ , выраженную в процентах. Из представленных в табл. 2 данных следует, что этот параметр составил 40,3...53,9 %. Значения  $C_{\text{серн}}$  в Б-1 и Б-2 из-за потерь углеводородов, вызванных бурным протеканием реакции взаимодействия топлив с серной кислотой, следует считать, по сравнению с други-

ми образцами, существенно завышенными, т. е. не представительными. Кроме олефинов, как это отмечено ранее, в сернокислотном слое присутствуют и ароматические углеводороды. Подтверждают такой вывод сами значения  $C_{\text{серн}}$ , которые по порядку величины идентичны усреднённому значению содержания в выпускаемых бензинах ароматических углеводородов, равному ~34,0 об. % [10—12].

Определение индикатором "Октан-ИМ" октанового числа основано на измерении комплексной диэлектрической проницаемости бензина ( $\epsilon_{\text{комп}}$ ) [13, 16—20]. Этот метод (диэлькометрия) относится к косвенному однофакторному способу определения ОЧ. Математическая модель, описывающая связь октановых чисел с  $\epsilon_{\text{комп}}$ , не только нелинейная, но и содержит внутренние противоречия. К такому относятся большой вклад в  $\epsilon_{\text{комп}}$  диэлектрических проницаемостей аренов (имеющих более высокое, чем у иных углеводородов, значение  $\epsilon$ ) и существенную зависимость ОЧ от содержания в бензинах этих веществ [20]. Установлено, что диэлькометрия имеет максимальную чувствительность для бензинов с октановыми числами 88...93 о.е. Чувствительность метода для топлива, имеющего ОЧ выше 95, падает. Затруднения в распознавании указанных марок связаны с присутствием в высокооктановых бензинах изооктана, изопентана и бутанов, которые при высоком октановом числе компаунда имеют низкую диэлектрическую проницаемость [16].

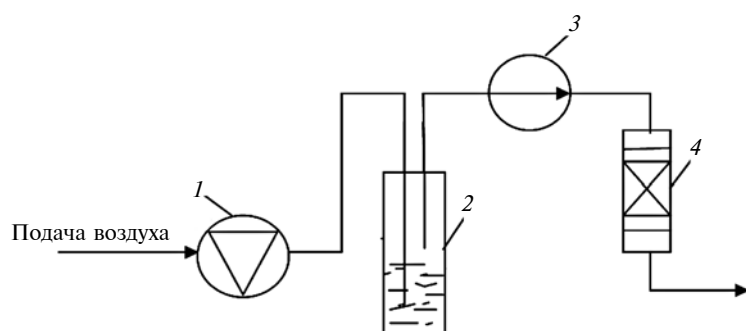
В табл. 3 представлены измеренные индикатором "Октан-ИМ" октановые числа бензинов ( $OCH_{\text{и}}$ ), и на-

Таблица 2

Массовое содержание	Проба						
	Б-1	Б-2	Б-3	Б-4	Б-5	Б-6	Б-7
Насыщенных углеводородов $C_{\text{нас}}$ , %	41,9	42,1	48,0	48,1	46,1	51,7	59,7
Сернокислотный слой $C_{\text{серн}}$ , %	58,1	57,9	52,0	51,9	53,9	48,3	40,3

Таблица 3

Октановые числа	Бензин						
	Б-1	Б-2	Б-3	Б-4	Б-5	Б-6	Б-7
$OCH_{\text{и}}$	96,7	100,0	96,2	98,7	97,7	97,0	96,1
$OCH_{\text{ну}}$	79,1	80,3	80,9	76,4	76,2	81,0	80,2



сыщенных углеводородов ( $OЧИ_{ну}$ ). Октановые числа бензинов (за исключением  $OЧИ_{и} = 100$  в Б-2) отличаются на 0,3...1,3 о.е. от величины октанового числа, заявленного производителем топлива. В топливе Б-2 значение  $OЧИ_{и}$  превосходит заявленный показатель АИ-95 на 5 о.е., что выше погрешности измерения  $OЧ (\pm 2 \text{ о.е.})$ . Возрастание  $OЧИ_{и}$  с ростом  $\epsilon_{комп}$  обычно связывают с повышенным содержанием в топливе веществ, в молекулах которых присутствуют полярные связи [18]. Таким веществом вполне может быть одноатомный спирт.

Для иллюстрации необходимости контроля отличий параметров, характеризующих физико-химические свойства бензинов, были проведены опыты по поглощению паров топлива активированным углём. Для этого использовали угольный фильтр адсорбера автомобиля "Ситроен С4".

На рисунке представлена схема проведения опытов. Воздух при температуре  $20^\circ\text{C}$  компрессором подается через ротаметр 1, в барбатар 2 и с парами исследуемой жидкости поступает в стабилизатор давления 3 и далее в динамическую трубку 4, заполненную активированным углём. Внутренний диаметр колонки составлял 0,02 м, высота слоя сорбента — 0,01 м. Масса активированного угля во всех опытах составляла ~1 г, объём помещаемой в барбатар жидкости — 20 мл. Расход воздуха  $Q$ , содержащий пары топлива, измеряли пенным расходомером. На входе в динамическую трубку расход составлял  $0,45 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ , на выходе из колонки —  $0,05 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ . Причём по мере заполнения порового пространства активированного угля молекулами адсорбируемого расхода на выходе из колонки снижался

до значений намного ниже величины  $0,05 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$  и не фиксировался пенным расходомером. Опыты по десорбции молекул с поверхности активированного угля проводили при расходе воздуха на входе в динамическую колонку, равном  $0,45 \text{ л} \cdot \text{мин}^{-1}$ . Массу трубки с сорбентом измеряли в начале опыта и после проведения эксперимента с интервалом времени от 10 до 40 минут. Общее время составляло 100 мин. Измерение массы сорбента и жидкостей проводили на весах ВЛТЭ-150. Следует отметить, что схема проведения опытов (см. рисунок) является упрощённым прототипом экспериментальных установок, представленных в работах [21, 22].

Угольный фильтр перед засыпкой его в динамическую трубку подвергали регенерации, которая заключалась в нагревании угля до температур  $250...300^\circ\text{C}$  и принудительном прокачивании через ёмкость с сорбентом воздуха. Такую обработку активированного угля проводили в течение нескольких часов — до тех пор, пока масса объекта отжига не

становилась близкой к постоянному значению.

В табл. 4 представлены массы бензина, рассчитанные как разница масс жидкостей до и после проведения опыта за время 100 мин, масса поглощённого активированным углём пара, образующегося в результате барбатажа воздуха через слой пробы топлива. Из сопоставления приведённых в таблице данных следует, что из 9,607 г пара топлива Б-2 активированный уголь поглотил 6,2 %. Более низкое, по сравнению с образцами Б-4—7, значение  $\Delta_{п}$  (%) наблюдается и для паров бензина Б-1. Эти отличия находятся в полном согласии с особенностями физико-химических свойств бензинов Б-1 и Б-2, представленных ранее. Аналогичная закономерность наблюдается и в опытах по десорбции компонентов бензина с поверхности активированного угля (табл. 5). Так, извлечение  $\Delta_{д}$  с поверхности сорбента компонентов бензинов Б-1 и Б-2 в поток прокачиваемого через динамическую трубку воздуха составило соответственно 35,6 и 44,1 %. Эти значения являются по отношению к параметру  $\Delta_{д}$  бензинов Б-4-7 минимальным и максимальным значениями.

Таким образом, физико-химические свойства изученных образцов топлива соответствуют нормативным параметрам, представленным в евро стандарте на неэтилированный бензин. Все без исключения бензины содержат насыщенные, ненасыщенные и ароматические углеводороды. Из семи изученных об-

Таблица 4

Бензин	$\Delta_{ж}$ , г	$\Delta_{п}$ , г	$\Delta_{п} = (\Delta_{п}/\Delta_{ж}) \cdot 100 \%$
Б-1	7,964	0,520	6,5
Б-2	9,607	0,598	6,2
Б-4	6,413	0,518	8,1
Б-5	7,554	0,560	7,4
Б-6	7,575	0,498	6,6
Б-7	7,293	0,512	7,0

Таблица 5

$\Delta_{д}$ , %	Бензин					
	Б-1	Б-2	Б-4	Б-5	Б-6	Б-7
	35,6	44,1	40,7	41,6	43,2	39,1

разцов две пробы обладают некоторыми особенностями. При контроле качества топлива следует учитывать не только соответствие определяемого значения параметру нормы, но и отличия в величинах показателей, полученных при испытании серии образцов топлива, т. е. целесообразно проводить серийные испытания. Такой вывод можно обосновать температурами конца кипения проб бензинов. Этот параметр для всех без исключения бензинов соответствует нормативу. Однако в двух указанных ранее пробах температуры конца кипения имеют по сравнению с другими образцами более низкие значения.

#### Литература

- ГОСТ 32513—2013. Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия. М.: Стандартинформ, 2013. 15 с.
- Магарил Е.Р., Магарил Р.З. Моторные топлива: учебное пособие. 2-е изд. М.: КДУ, 2015. 160 с.
- Кириченко Н.Б. Автомобильные эксплуатационные материалы: учебник для студ. учреждений сред. проф. образования. 9-е изд., стер. М.: Издательский центр "Академия", 2014. 208 с.
- Гаврилов Н.В., Дуров О.В. Получение экологически чистых бензинов, соответствующих евростандартам // Химия и технология топлив и масел. 2008. № 6. С. 9—14.
- Овчинников Г.В. Влияние загрязнения и износа элементов электромагнитных форсунок на характеристики автомобильного бензинового двигателя. Дис. канд. техн. наук. Владимир, 2009. 144 с.
- Горючие, смазочные материалы: Энциклопедический толковый словарь-справочник. Под редакцией В.М. Школьников. М.: ООО "Издательский центр "Техинформ" Международной Академии Информатизации", 2007. 736 с.
- Дерябина Г.И., Нечаева О.Н., Потапова И.А. Практикум по органической химии. Часть II. Реакции органических соединений [Текст]: в 2 частях. Самара: Издательство "Универсгрупп", 2007. 171 с.
- Джилберт Э.Е. Сульфирование органических соединений. М.: Химия, 1969. 415 с.
- ГОСТ 6994—74 "Нефтепродукты светлые. Метод определения ароматических углеводородов". М.: Госстандарт СССР, 1974. 10 с.
- Ветров Ю. Особенности национальной заправки: оцениваем качество бензина по пути к Крыму и обратно // Авторевю. 2009. № 12 (429). С. 48—51.
- Долгов В.В., Пахомова М.В. Неэтилированный бензин марки Регуляр-92 по ГОСТ Р 51105—97 (АИ-92-5). Паспорт № 21. СПб.: Испытательная лаборатория топлив, 2014. 1 с.
- Кевхиев А.И. Протокол испытаний бензина неэтилированного Премиум Евро-95, вид III (АИ-95-5). М.: Испытательная лаборатория ООО "АВТОСТЕЛ", 2015. 1 с.
- Скворцов Б.В., Силов Е.А. Исследование корреляционных зависимостей между октановым числом и электродинамическими параметрами углеводородных продуктов // Известия Самарского центра Российской академии наук. Т. 11. № 5. 2009. С. 64—71.
- Смышляева Ю.А., Иванчина Э.Д., Кравцов А.В., Зыонг Ч.Т., Фан Ф. Разработка базы данных по октановым числам для тематической модели процесса компаундирования товарных бензинов // Известия Томского политехнического университета. 2011. Т. 318. № 3. С. 75—80.
- Ахметов А.Ф., Ганцев А.В., Ганцев А.В. Определение октановых чисел смешения различных классов углеводородов в бензинах каталитического крекинга // Нефтегазовое дело. 2011. Т. 9. № 4. С. 80—82.
- Скворцов Б.В., Силов Е.А., Солнцева А.В. Определение взаимосвязи показателей детонационной стойкости с электродинамическими параметрами углеводородных топлив на основе статистического моделирования компонентного состава // Вестник Самарского государственного аэрокосмического университета. 2010. № 1 (21). С. 166—173.
- Руднев В.А., Бойченко А.П., Карножицкий П.В. "TOP-DOWN" подход для оценки неопределённости измерений диэлектрической проницаемости неводных растворителей и их многокомпонентных смесей // Вестник харьковского национального университета. Химия. 2010. Т. 19 (42). № 932. С. 160—169.
- Николаев В.Ф. Экспресс-методы тестирования композиционных продуктов нефтепромышленной химии и моторных топлив: монография. Казань: Изд-во КНИТУ, 2012. 124 с.
- Мачулин Л.В. Проблемы экспресс-определения октанового числа и пути его решения // Нефтепереработка и нефтехимия. 2013. № 9. С. 13—18.
- Мачулин Л.В. Сравнительная характеристика прямых и косвенных методов определения октанового числа // Газовая промышленность. 2014. № 9. С. 100—105.
- Колобродов В.Г., Карнацевич Л.В., Хажмуратов М.А. Адсорбция паров воды цеолитами в динамическом режиме // Вопросы атомной науки и техники. Серия: Вакуум, чистые материалы, сверхпроводники (12). 2002. № 1. С. 56—61.
- Сергунин А.С., Симаненков С.И., Гапапова Н.Ц. Исследование динамики адсорбции и десорбции паров воды активным оксидом алюминия и цеолитом NaX // Вестник ТГТУ. 2002. Том 18. № 3. С. 664—671.

УДК 629.331

## ВИДЫ ТЮНИНГА АВТОМОБИЛЕЙ

Канд. техн. наук **ГАРАНИН Г.В.**, канд. экон. наук **КОРОТКОВА М.В.**

Ульяновский ГПУ имени И.Н. Ульянова (ggaranin1@gmail.com)

*Разработаны классификационные схемы целей тюнинга автомобилей и видов тюнинга по направлениям. Предложена классификационная схема исполнителей тюнинга автомобилей: тюнинг официальных и неофициальных исполнителей. Разработки позволят повысить эффективность обучения и совершенствования процессов тюнинга.*

**Ключевые слова:** тюнинг автомобилей, классификационная схема, цели, виды, художественный, предупредительный, технический, рекламный.

**Garanin G.V., Korotkova M.V.**

### TUNING CARS

*Are developed classification schemes: the purposes of tuning of cars and types of tuning in the directions. Are offered the classification scheme of performers of tuning of cars. Developments will allow to increase learning efficiency and improvement of processes of tuning.*

**Keywords:** car tuning, classification scheme, training, goals, types of tuning, artistic, warning, threatening, technical, advertising.

Тюнинг автомобилей получил большой размах в России, а за рубежом он давно уже стал прибыльным бизнесом и в то же время искусством. Изучение литературы показало, что имеется много информации не только рекламного характера, но и по материалам, средствам и методам тюнинга, и даже учебные пособия [1—8]. В книгах собраны не только советы профессиональных инженеров, но и опыт потребителей (автолюбителей), дорабатывавших автомобили своими силами, методом проб и ошибок, — пусть не до идеала, но до желанного каждому образца [2].

Проблемы тюнинга описаны во многих учебных изданиях, но чаще



Рис. 1. Цели тюнинга автомобилей

всего как составные части комплексной проблемы сервисного технического обслуживания автомобилей [1]. Однако систематизация, классификация, научный анализ и обобщение информации по тюнингу автомобилей отсутствует, что затрудняет обучение и совершенствование процессов тюнинга. Для улучшения обслуживания автомобилей необходимо совершенствовать обучение студентов этих направлений и по дисциплине "Модернизация и дооборудование (тюнинг) транспортных средств при эксплуатации". Эффективность процесса обучения и обслуживания автомобилей обеспечивается системным научным подходом.

Цель данного исследования — для повышения эффективности обучения и совершенствования процессов тюнинга разработать научное обобщение в виде классификационных схем.

Первая из разработанных классификационных схем — цели тюнинга автомобилей (рис. 1). Выделены следующие цели: повысить комфорт, безопасность, экономичность, надёжность автомобиля, изменить внешний вид автомобиля (придать индивидуальность), улучшить динамические качества автомобиля, экологичность, переоборудовать в специальные автомобили (учебные, медицинские, спортивные и др.) Вторая классификационная схема видов тюнинга автомобилей по четырём направлениям (рис. 2): художественный тюнинг

автомобиля; предупреждающий тюнинг (угрожающий); технический тюнинг; рекламный тюнинг.

Художественный тюнинг автомобиля включает внешний и внутренний тюнинг, т.е. доработку экстерьера и интерьера соответственно. При этом объекты внутреннего тюнинга — не только салон, но и багажник, а также моторный отсек. Предупреждающий (угрожающий) тюнинг предназначен для транспортных средств: руководителей органов государственной власти, спецслужб (МВД, ФСБ, МЧС, ФСИН, медицинских и др.) и особых предприятий, компаний, организаций, учреждений. Технический и рек-

ламный тюнинги делятся по назначению, объектам, научности и законности.

Примеры художественного тюнинга автомобилей: декоративная отделка салона под металл, дерево или карбон; окраска панелей, приклеивание цветных пленок, внутренняя обивка салона материалами нового поколения; тонирование стекол, изысканная оплетка рулевого колеса; новые ручки рычагов, накладки на педали и коврики; спойлеры, антикрылья аэродинамического "обвеса", накладки на пороги и колёсные арки; замена бамперов, воздухозаборников, декоративных решёток радиатора; нанесение изображений средствами аэрографии и других декоративных покрытий кузова или его частей, в том числе хромированием, анодированием, золочением, различные порошковые покрытия — глянцевые, матовые, текстурованные и металлизированные; нестандартное внутреннее освещение [1].

Технический тюнинг автомобиля имеет целью повышение мощности двигателя (форсирование), увеличение максимальной скорости автомобиля; изменение параметров трансмиссии, рулевого управления; улучшение его тормозных свойств и др. В результате изменяются эксплуатационные свойства автомобиля, например динамика (ско-



Рис. 2. Виды тюнинга автомобилей по направлениям

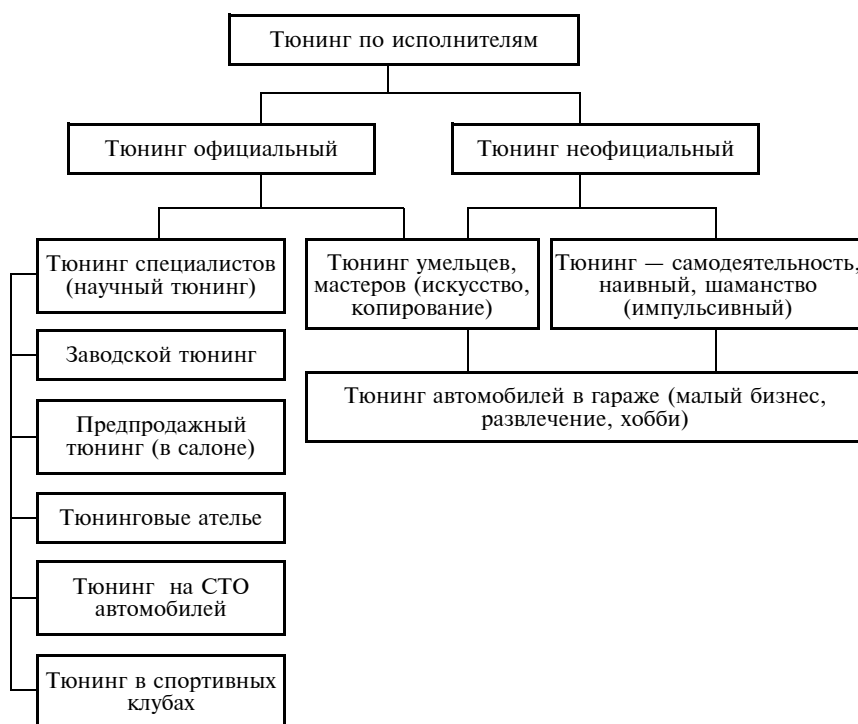


Рис. 3. Исполнители тюнинга автомобилей

ростные, тормозные, устойчивость, управляемость), топливная экономичность и др. [1]. Между тем существуют нормативные акты различного уровня, которые не допускают самовольного внесения изменений в конструкцию автомобиля. Практика показывает, что большинство изменений при тюнинге (особенно техническом) противоречат действующим государственным стандартам [1].

Особый вид тюнинга — реклама, размещаемая на автомобиле. Сегодня это один из самых эффективных методов продвижения собственных услуг, при этом она ещё и отлично сказывается на общем имидже предприятия. Это признали мировые специалисты. Реклама на автомобиле делается красочной, яркой, а также имеет неординарные формы [5].

В качестве мобильной рекламы активно используют наклейки и брендинг автомобиля. Реклама наносится на тенты или жёсткие борта автомобилей, цистерны и специальные автомобили. Наклейки могут быть на магнитно-виниловой основе, оперативно и самостоятельно монтироваться и демонтироваться. Дизайн брендов особых предприятий, компаний, организаций,

учреждений создаётся индивидуально: логотип компании, адрес, телефон, слоган, креативный рисунок или фотография. Наносят изображения и на маршрутные такси, автобусы, трамваи и троллейбусы [6].

Самый популярный вариант размещения рекламы на автомобиле — реклама на тенте. Для него характерен высокий уровень отдачи благодаря мобильности и привлекательности. Он не требует больших материальных вложений и дополнительных затрат в ходе эксплуатации транспортного средства. Особенно эффективна реклама на задней поверхности грузового автомобиля, так как она хорошо видна водителям и пассажирам других транспортных средств, едущих сзади. Дополнительным преимуществом рекламной оклейки автомобилей является возможность демонтажа плёнки с поверхности. Причём в процессе эксплуатации оклеенный автомобиль в значительной степени защищён от царапин, сколов и других повреждений [7].

Благодаря запоминающемуся внешнему виду, нанесённая реклама выделяет машину из "толпы", поэтому даже самая популярная модель будет иметь своего рода защиту

против угона. На такую рекламу, нанесённую на автомобиль в соответствии с законом, специального разрешения не требуется [8]. Установленные законом ограничения касаются лишь звуковых и световых сигналов, которые отвлекают других участников движения.

Третья из предложенных классификационных схем — исполнители тюнинга автомобилей (рис. 3): тюнинг официальных исполнителей и неофициальных. Тюнинг официальных исполнителей это: тюнинг специалистов (научный тюнинг) и умельцев, мастеров (искусство, копирование). Тюнинг специалистов включает заводской тюнинг, предпродажный (дилерский), в специализированных тюнинговых ателье, на станциях технического обслуживания, в спортивных клубах. Тюнинг неофициальный (гаражный) — это также тюнинг умельцев и мастеров (искусство, копирование, поиск), но и тюнинг самодеятельный — наивный, граничащий с шаманством, импульсивный. То есть гаражный тюнинг представляет собой и малый бизнес, и развлечения, хобби.

Разработанные классификационные схемы позволят повысить эффективность обучения специалистов и совершенствования процессов тюнинга.

#### Литература

1. Мирошниченко А.Н. Тюнинг автомобиля: учебное пособие / А.Н. Мирошниченко. — Томск: Изд-во Том. гос. архит.-строит. ун-та, 2015. — 340 с.
2. Скрипник И. Тюнинг автомобиля своими руками / И. Скрипник. — М.: Изд-во АСТ; Владимир: ВКТ, 2012. — 288 с.
3. Степанов В.Н. Тюнинг автомобильных двигателей / В.Н. Степанов. — СПб.: ЗАО "Алфамер Паблишинг", 2000. — 172 с.
4. Муссельвайт Б. Тюнинг автомобиля / Б. Муссельвайт, Б. Джекс. — СПб.: Алфамер Паблишинг, 2003. — 184 с.
5. [Электронный ресурс] URL: <https://mahagon-design.ru/uslugi/izgotovlenie-reklamy-na-avtomobil-razrabotka-dizayna-okleyki-avto/> (дата обращения: 01.04.2019).
6. [Электронный ресурс] URL: [https://21vek.ru/vyipolnennyye-raboty/#section\\_anchor](https://21vek.ru/vyipolnennyye-raboty/#section_anchor) (дата обращения: 01.04.2019).
7. [Электронный ресурс] URL: <http://avtoposter.ru/reklama-na-tentah> (дата обращения: 01.04.2019).
8. [Электронный ресурс] URL: <https://motorguide.ru/advice/sdat-avto-pod-reklamu> (дата обращения: 01.04.2019).

# Содержание

## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Шушкин М.А., Шолова Д.Д., Арташина И.А. — Российский рынок электромобилей: сдерживающие факторы и перспективы развития . . . . . 1

АСМ - факты . . . . . 7

## КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Белоусов Б.Н., Келлер А.В., Харитончик С.В., Бахмутов С.В., Бердников А.А. — Проблемы прикладной механики при создании тягово-транспортных средств с мехатронными модулями . . . . . 8

Елецких С.В., Сливинский Е.В. — Для повышения грузоподъемности большегрузных автопоездов . . . . . 17

Балабин И.В., Чабунин И.С. — Механика колеса мобильной машины . . . . . 20

Ашанин В.Н., Ларкин С.Е. — Инновационная адаптивная система головного освещения автомобиля . . . . . 22

## ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Омельянюк Д.Т., Семькина А.С., Загородний Н.А. — Развитие регионального автосервиса . . . . . 26

Шепель В.Н., Спешилова Н.В., Юршев В.И., Тавтилов И.Ш., Ренях В.С. — Особенности эксплуатации дифференциалов автоматических коробок передач . . . . . 29

Ходяков А.А., Хлопков С.В., Абу-Ниджим Р.Х.Ю., Бернацкий В.В., Шабанов А.В. — Компонентный состав бензиновых стандарта "Евро" . . . . . 33

Гаранин Г.В., Короткова М.В. — Виды тюнинга автомобилей . . . . . 37

Главный редактор **Н.А. ПУГИН**

Зам. главного редактора **Р.В. Козырев**

## РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

- Балабин И.В.** — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана  
**Бахмутов С.В.** — д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"  
**Гируцкий О.И.** — д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ  
**Гладков В.И.** — канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"  
**Ковригин А.С.** — зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"  
**Комаров В.В.** — канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе  
**Коровкин И.А.** — канд. экон. наук, исполнительный директор НП "ОАР"  
**Котиев Г.О.** — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана  
**Круглов С.М.** — зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"  
**Ксенович Т.И.** — канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"  
**Мамити Г.И.** — д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)  
**Марков В.А.** — д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана  
**Сорокин Н.Т.** — д-р экон. наук, директор ФГБНУ ВНИМС ФАНО России  
**Тер-Мкртчян Г.Г.** — д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"  
**Титков А.И.** — канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"  
**Топалиди В.А.** — канд. техн. наук, ТАДИ  
**Филимонов В.Н.** — ответственный секретарь "АП"

## Белорусский редакционный совет:

- Альгин В.Б.** — д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси  
**Егоров А.Н.** — генеральный конструктор — начальник НТЦ ПО "БелАЗ"  
**Захарик А.М.** — канд. техн. наук, технический директор РУП "МАЗ"  
**Кухаренок Г.М.** — д-р техн. наук, профессор БНТУ  
**Маринов П.Л.** — д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси  
**Николаев Ю.И.** — главный конструктор ОАО "МЗКТ"  
**Сазонов И.С.** — д-р техн. наук, проф., ректор Белорусско-Российского университета (Могилёв)  
**Харитончик С.В.** — д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*

Корректор *Сажина Л.И.*

Сдано в набор 09.11.2019. Подписано в печать 27.12.2019.

Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.

Отпечатано в ООО "Канцлер".

150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.

Оригинал-макет: ООО "Авансед солюшнз".

119071, г. Москва, Ленинский пр-т, д. 19, стр. 1. Сайт: [www.aov.ru](http://www.aov.ru)

## ООО "Издательство "Инновационное машиностроение"

Адрес издательства и редакции: 107076, Москва, Колодезный пер., 2а, стр. 2

Телефоны: (915) 412-52-56 и (499) 269-54-98; (495) 785-60-69 (реклама и реализация)

E-mail: [avtoprom-atd@mail.ru](mailto:avtoprom-atd@mail.ru)

[www.mashin.ru](http://www.mashin.ru)

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

Свидетельство ПИ № 77-7184

Цена свободная.

Журнал рекомендован ВАК РФ для публикации трудов соискателей ученых степеней, входит в международную базу данных "Chemical Abstracts".

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.