



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

научная статья
УДК 656.138

ЦИФРОВАЯ ТРАНСФОРМАЦИЯ В АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

ШВЕЁВ И.А., канд. экон. наук ШВЕЁВА Е.И. ✉

Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) ФУ
(shveeva_katya222@mail.ru)

Обоснована актуальность применения цифровых технологий на предприятиях автомобилестроительной отрасли, включая цифровую трансформацию, которая даёт возможность создания непрерывного процесса производства с учётом синхронизации бизнес-процессов и производства в виртуальной и реальной среде, а также эффективного управления предприятием. Показаны основные тенденции, имеющие наиболее значимые последствия для будущего развития рынка автомобилестроения в конкурентных условиях.

Ключевые слова: автомобиль, цифровая трансформация, предприятие, виртуальная реальность, технологии, бизнес-процессы, цифровизация.

DIGITAL TRANSFORMATION IN THE AUTOMOTIVE INDUSTRY

Shveyov I.A., Shveyova E.I.

This article substantiates the relevance of the use of digital technologies at enterprises of the automotive industry, including digital transformation, which makes it possible to create a continuous production process, taking into account the synchronization of business processes and production in a virtual and real environment, as well as effective enterprise management. Shows the main trends that have the most significant consequences for the future development of the automotive market in a competitive environment.

Keywords: car, digital transformation, enterprise, virtual reality, technology, business processes, digitalization.

Цифровая трансформация автомобилестроения — это преобразование и формирование новых бизнес-процессов при создании инновационных продуктов путём принятия цифровых технологий, ускоряющих рост продаж и как следствие увеличивающих прибыльность и эффективность предприятия в целом. В 2020 г. величина издержек на внедрение цифровых

технологий в мировых автоконцернах увеличилась более чем вдвое по сравнению с 2016 г. и составила более \$82 млрд. На основании аналитических данных о ежегодных темпах роста можно смело утверждать, что к 2025 г. объём рынка технологий цифровой трансформации на мировом авторынке может увеличиться до \$168,8 млрд.

Расходы ведущих мировых автомобилестроительных компаний на цифровые информационные решения увеличиваются из года в год, растёт количество пилотных проектов и новых разработок. С точки зрения затрат на новые разработки самым масштабным сегментом рынка является промышленный интернет вещей ("Automotive 4.0"), на который приходится более 30 % всех инвестиционных вложений. На втором и третьем местах — такие сегменты, как "подключенные автомобили" — транспортные средства, оснащённые интеллектуальными системами и сервисами с выходом в интернет — (более 10 % инвестиций) и системы безопасности (порядка 7 %). На создание технологий обработки больших данных сегодня расходуется лишь около 2 % от общего объёма, однако это один из самых перспективных сегментов рынка цифровой трансформации в автоиндустрии. Если сейчас издержки на *Big Data* в автомобильной промышленности оцениваются примерно в \$500 млн, то к 2025 году они могут составлять уже около \$10,5 млрд [1].

В рамках сегмента интернета вещей стремительными темпами будет развиваться направление цифрового авторитейла. Этот рынок будет увеличиваться на 29,1 % в год и к 2025 году достигнет отметки \$50,8 млрд [1]. Лидирующую позицию по объёмам финансовых вложений для разработки и внедрения технологий здесь занимают страны Северной Америки, Германии и Франции. Однако, согласно прогнозам, расстановка сил может поменяться после 2022 г., где Китай потеснит Германию и выйдет на второе место. К сожалению, Россия сильно отстает от технологических лидеров и занимает пока слабую позицию, но может занять порядка 6,5 % вторичного рынка технологий

цифрового авторитейла после 2022 г., наряду с Италией (6,6 %) и Испанией (6,8 %).

В области цифровой трансформации крупные автоконцерны проходят два этапа развития: первый — разработка и развитие цифровых сервисов с учётом бизнес-модели "автомобиль как сервис"; второй — усовершенствование цифровых сервисов и переход к бизнес-модели "мобильность как сервис".

Автопроизводители усиливают свои позиции на рынке за счёт сделок по созданию партнерства с технологическими компаниями, где основной целью является разработка специализированного ПО, операционных систем и др. для современного автомобиля с учётом цифровых возможностей. Среди других ключевых тенденций рынка цифровой трансформации в мировой автоиндустрии считается быстрое развитие технологий искусственного интеллекта (AI), решений в области повышения кибербезопасности, а также технологий дополненной реальности (AR). Уже сегодня используются технологии искусственного интеллекта для более комфортного управления автомобилем. К примеру, встроенная система может фиксировать наиболее частые маршруты, положение кресел и зеркал, осуществлять сбор данных или изменение параметров маршрута [2]. Наибольшее значение технологии искусственного интеллекта имеют в беспилотных автомобилях, когда автомобиль принимает решения в соответствии с полученной извне и обработанной информацией. Не считая идентификации объектов, искусственный интеллект упрощает для "умного" автомобиля оценку ситуации. Например, автомобили, которые включают сигналы при повороте, с большей вероятностью изменяют полосу движения, чем те, которые этого не делают. В итоге беспилотные автомобили с системой искусственного интеллекта могут идентифицировать и изучить сложную дорожную обстановку (например, учитывать траекторию движения встречного автомобиля, который совершает поворот) [2, 3].

Есть у использования цифровых технологий в автомобилестроении и недостатки. Так, с увеличением количества данных возникает вопрос: кому будут принадлежать данные и кто несёт ответственность за их сохранность? На сегодняшний день не существует согласованного решения по этому вопросу, но идут активные обсуждения. С одной стороны, нужно гарантировать защиту данных от внешнего несанкционированного доступа, а с другой — обеспечить возможность беспрепятственного обмена между участниками движения при помощи технологий V2X [3]. Таким образом, "автомобиль будущего" превращается в уязвимую цель для хакеров, что негативно сказывается на компании.

Тем не менее цифровые преобразования открывают большие возможности для рынка производства автомобилей и поэтому следует внедрять цифровую трансформацию в компанию для сохранения её конкурентоспособности. Для долгосрочной цифровой трансформации в автомобильной промышленности необходимо учитывать следующие тенденции развития.

1. *Изменение корпоративной культуры компании с учётом цифровых преобразований.* Никакие изменения

не будут продолжаться, если они не являются частью самой компании. Многие автоконцерны сконцентрированы на продвижении культурного сдвига и имеют больше шансов для повышения производительности, к которой они стремились. Тем не менее изменение культуры является самой большой проблемой для цифровой трансформации автоиндустрии.

2. *Личный вклад сотрудника.* Технологии эффективно работают в тандеме с работниками компании. Одной из лучших стратегий является мотивирование персонала вносить предложения о том, как технологии могут помочь им работать лучше. Этот вклад может привести к более эффективным изменениям. Работники, видящие свои идеи, оказывают непосредственное влияние на производственный процесс, ощущают себя частью "чего-то важного", что делает их более заинтересованными в труде.

3. *Инновационные подходы.* Инновации работают лучше всего, когда в организациях есть структура для запуска новых систем и оценки фактических и ожидаемых результатов (например, Кайдзен-предложения и процесс непрерывного совершенствования). Поскольку автопроизводители претерпевают быстрые изменения, многие из них активно применяют Кайдзен и его инструменты для текущих изменений в компании.

4. *Интегрированная цепь поставок.* Автопроизводителям недостаточно просто принять внутренние цифровые решения. Им необходимо использование интегрированной цепочки поставок, которая также может учитывать все быстроменяющиеся ожидания. Многие автомобильные компании называют себя "мобильными компаниями" в качестве одного из шагов к переосмыслению своих партнеров. Автоконцерны изменяют цепочки поставок, делая их более гибкими.

В ближайшем будущем, автомобильная индустрия будет меняться ещё быстрее, и однажды такие мощные системы, как самоуправляемый автомобиль, станут обыденным явлением в жизни человека.

Таким образом, цифровая трансформация автомобилестроения уже приобрела необратимый характер. Те автопроизводители, которые не планируют внедрять и развивать цифровые технологии, рано или поздно обречены к "вымиранию" в условиях жёсткой конкуренции. Поэтому, несмотря на то, что автомобиль продолжает быть "офлайн-товаром", применение цифровых технологий в автобизнесе все равно выигрывает, как минимум потому, что это удобно для клиентов компании.

Источники

1. Пасько А.В. Влияние цифровой революции на трансформацию мирового автомобилестроения // E-Management. — 2018. — № 1. — С. 19—25.
2. Королев И. Цифровизация автотранспорта: как в России будут внедрять беспилотные машины, телематику и навигацию. https://www.cnews.ru/articles/2021-02-26_tsifrovizatsiya_avtotransporta_kak [Электронный ресурс].
3. Дерябина Г.Г., Трубникова Н.В. Прогноз трансформации автомобильной промышленности под влиянием digital-технологий // Маркетинговые коммуникации. — 2020. — № 3. — С. 236—248.

Статья поступила в редакцию 27.08.21;
одобрена после рецензирования 14.09.21;
принята к публикации 23.09.21.

АВТОМОБИЛЬНЫЙ РЫНОК РОССИИ В ЯНВАРЕ—СЕНТЯБРЕ 2021 г.

(По информации ОАО "Автосельхозмаш-холдинг")

ЛЕГКОВЫЕ АВТОМОБИЛИ

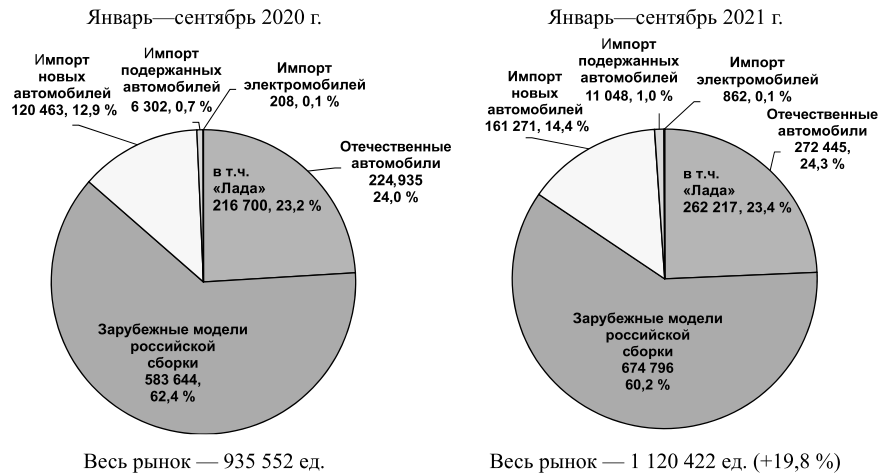
Продажи легковых автомобилей в январе—сентябре 2021 г. выросли на 19,8 % по отношению к аналогичному периоду 2020 г. и составили 1120,4 тыс. единиц. Сравнение структуры рынка легковых автомобилей по их происхождению выявляет рост объёмов продаж во всех сегментах. В отношении занимаемых долей рынка можно отметить снижение занимаемой доли в сегменте новых зарубежных моделей российской сборки и рост долей в остальных сегментах рынка.

Продажи автомобилей отечественных марок в 2021 г. выросли на 21,1 % (до 272,4 тыс. ед.) и их рыночная доля составила 24,3 %. Продажи автомобилей "Лада" выросли на 21,0 % (до 262,2 тыс. ед.), а их доля составила 23,4 %. Продажи зарубежных моделей российской сборки занимают доминирующее положение на рынке легковых автомобилей, их продажи выросли на 15,6 % и составили 674,8 тыс. ед., а их доля немного снизилась — до 60,2 %. Совокупная доля продаж автомобилей, собранных в России (отечественных и зарубежных брендов), упала с 86,4 до 84,5 % в 2021 г.

Импорт новых автомобилей вырос на 33,9 % (до 161,3 тыс. ед.), а их доля на рынке составила 14,4 %. Ввоз подержанных машин вырос на 75,3 % и составил 11,0 тыс. ед. (без учёта импорта по ТПО). Импорт электромобилей в январе—сентябре 2021 г. вырос в 3,1 раза и составил 862 ед.

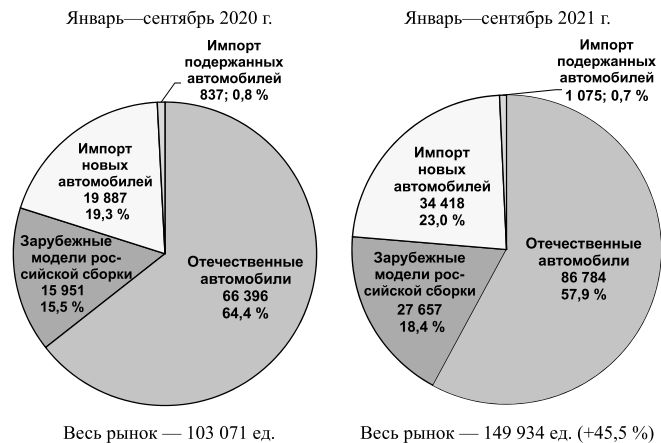
По данным Ассоциации Европейского Бизнеса, совокупный объём дилерских продаж новых легковых и легких коммерческих автомобилей в России январе—сентябре 2021 г. составил 1 260 111 ед., что на 15,1 % больше, чем январе—сентябре 2020 года (1 094 805 ед.). Импорт легковых автомобилей по ТПО в январе—июне 2021 г. составил 49 922 ед., что на 13,7 % больше, чем в первом полугодии 2020 года.

СТРУКТУРА РЫНКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



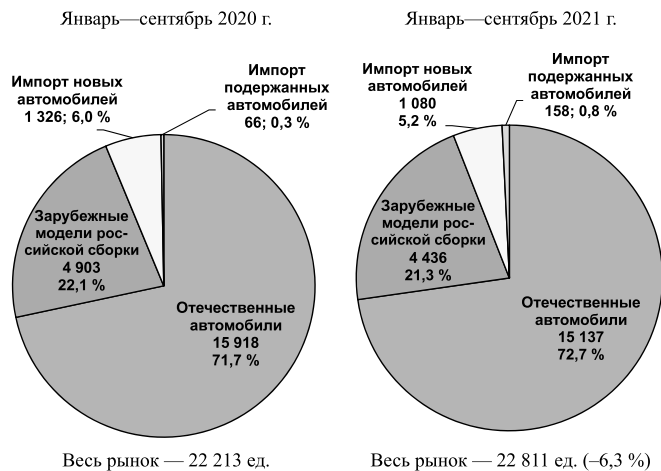
ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ (ВКЛЮЧАЯ МАЛОТОННАЖНЫЕ)

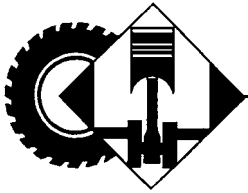
СТРУКТУРА РЫНКА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



АВТОБУСЫ И МИКРОАВТОБУСЫ

СТРУКТУРА РЫНКА АВТОБУСОВ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ





КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

научная статья

УДК 621.8.032.2-562

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ ЭЛЕКТРОПРИВОДА АТС

Д-р техн. наук **ДЕВЯНИН С.Н.**¹,
кандидаты техн. наук **ШАБАНОВ А.В.**²✉,
САВАСТЕНКО А.А.³

¹ РГАУ имени К.А. Тимирязева, ² НИЦИАМТ НАМИ,
³ МАДИ ГТУ

Рассматривается проблема развития и повышения энергоэффективности автотранспортных средств с электроприводом в РФ. Задача эффективного использования электродвигателей и гибридов Plug-in на автомобильном транспорте связана с созданием широкой электросети зарядных станций в местах движения электротранспорта. Анализируются проблемы перехода на новые альтернативные направления, предусматривающие переход на так называемые "возобновляемые источники энергии". Показано, что изменения в традиционной структуре генерирующих мощностей электроэнергетики в РФ приведут к значительным капиталовложениям, новым проблемам и усложнению управления энергосистемой.

Ключевые слова: повышения энергоэффективности автотранспортных средств, производство электроэнергии, альтернативные направления, "возобновляемые источники энергии".

PROBLEMS OF THE DEVELOPMENT OF ELECTRIC DRIVES IN VEHICLES

Devyanin S.N., Shabanov A.V., Savastenko A.A.

The problem of development and improvement of energy efficiency of motor vehicles with electric drive in the Russian Federation is considered. The task of effective use of electric buses and plug-in hybrids in road transport is associated with the creation of a wide electric network of charging stations in places of electric transport. The problems of transition to new alternative directions, involving the transition to the so-called "renewable energy sources", are analyzed. It is shown that changes in the traditional structure of power generating capacities in the Russian Federation will lead to significant investments, new problems and complications in the management of the power system.

Key words: increasing the energy efficiency of vehicles, electricity generation, alternative directions, "renewable energy sources".

Повышению энергоэффективности автотранспортных средств и снижению выбросов вредных веществ автомобильным транспортом отводится первостепенная роль при решении экологической проблемы в мегаполисах. В настоящее время наиболее перспективным направлением решения проблемы является применение электромобилей и гибридов. Оно получило развитие благодаря новым технологиям по хранению электроэнергии на литий-ионных аккумуляторных батареях, устанавливаемых на автомобилях. Как показы-

вают расчёты, расходы энергии при движении электромобиля в летний период вчетверо меньше, чем у традиционного легкового автомобиля [1]. Условный расход топлива электромобилей составляет в среднем 1,5...2,0 л/100 км. На гибриде "Тойота Приус Плаг-ин" по данным Женевских каталогов средний расход топлива в смешанном цикле движения не превышает 2,1 л на 100 км пробега. В эксплуатации у подзаряжаемых гибридов энергоэффективность находится на уровне электромобиля.

Как показывают испытания, гибридные автомобили имеют на порядок лучшие экологические характеристики относительно традиционных автомобилей и также высокую энергоэффективность работы силовой установки [1]. Они позволяют без подзарядки снизить расход топлива на 40...60 % и в том же объёме снизить выбросы углекислого газа. На силовой установке гибрида "Фольксваген XL1" (*Extra Light*) массой 865 кг с электродвигателем мощностью 20 кВт и бензиновым двухцилиндровым ДВС мощностью 35 кВт достигнута наибольшая энергоэффективность: расход топлива в городском цикле движения составил 0,9 л на 100 км пробега при выбросах углекислого газа 30 г/км.

Рассматривая проблему энергоэффективности электромобиля в зимний период эксплуатации, следует сказать, что расходы энергии у электромобиля из-за обогрева салона автомобиля существенно больше, чем летом. Для России, значительная часть территории которой характеризуется сравнительно низкими значениями среднегодовой температуры, данная проблема имеет большое значение. Энергоэффективность электромобиля также существенно снижается при работе системы кондиционирования в салоне автомобиля.

В отличие от электромобилей на гибридных АТС обогрев салона осуществляется от системы охлаждения двигателя, поэтому на поддержание комфортной температуры в салоне автомобиля не тратится электрическая энергия тяговых батарей. По сравнению с электромобилями они имеют и ряд других преимуществ. Ёмкость аккумуляторных батарей здесь значительно меньше и, соответственно, они легче и дешевле. При этом время и мощность зарядки батареи сравнительно невелики, что увеличивает срок службы батарей. В отличие от электромобилей гибридам удастся при небольшом расходе топлива обеспечить значительно большую дальность пробега, и они не зависят от зарядных станций. Высокие экологические показатели обеспечиваются на них установкой современных каталитических нейтрализаторов, способностью накапливать кинетическую энергию движения при торможении и возвратом её в аккумуляторную батарею. Эффект снижения расхода топлива и эмиссии CO₂ также

достигается за счёт увеличения доли работы электродвигателя силовой установки на различных нагрузочных режимах, в том числе при малых нагрузках, т.е. там, где ДВС имеет низкий эффективный КПД.

Для электробусов КамАЗ-6282, эксплуатируемых в мегаполисах, также характерна высокая энергоэффективность силовой установки; плотность энергии тяговых батарей у них составляет 100 Вт·ч/кг. При ёмкости 88 кВт·ч они обеспечивают запас хода на одной зарядке — 70 км, что соответствует условному расходу топлива в 13,8 л/100 км. Для сравнения расход топлива дизельного автобуса НефАЗ-5299 в городском цикле имеет значительно большую величину и составляет 46 л/100 км, а в режиме постоянной скорости 60 км/час — 30 л/100 км.

В отличие от высокоэффективных каталитических нейтрализаторов (эффективность их составляет до 95...99 %), устанавливаемых на гибридных автомобилях, селективный тип нейтрализатора автобуса НефАЗ-5299, обеспечивает эффективность процесса нейтрализации в среднем только 60 %. С учётом большего рабочего объёма дизеля (11 л) массовый выброс вредных веществ этим автобусом более чем на порядок превышает показатели гибридных автомобилей.

Нерешённой проблемой электробуса является вопрос обогрева его салона в зимний период эксплуатации. Производители электробусов используют в настоящее время автономные обогреватели "Вебасто" мощностью до 22 кВт на жидком углеводородном топливе. Эти подогреватели не имеют нейтрализаторов вредных веществ и выбрасывают их в атмосферу. Производитель уже несколько лет эксплуатирует такие электробусы, считая эту проблему временной и выражая готовность перейти на электрическую "Вебасто" при условии запланированного развития сетей зарядных станций в мегаполисах. Однако если использовать для обогрева салона электрическую энергию тяговых батарей, то это приведёт к существенному снижению общей эффективности силовой электроустановки и, соответственно, снижению пробега на одной зарядке.

Основными проблемами развития электропривода на транспорте в РФ являются: создание широкой электросети в местах движения электротранспорта для расширения сферы его применения, а также дополнительное производство электроэнергии, техническое обслуживание аккумуляторных батарей и агрегатов силовой установки. Данное направление планируется динамично развивать в РФ. В трехстороннем соглашении компаний Россети, Росатом и КАМАЗ подписанном на Петербургском международном экономическом форуме 4.07.2021 г. предусматривается расширение сети зарядной инфраструктуры в России. К 2025 году количество зарядных станций для электробусов вырастет до 1341. В Москве уже действуют 263 зарядных станции для электробусов. За 2020 год в Москве открыто более 50 станций зарядки. Планируется также охватить проектом 30 крупнейших городов и 30 ключевых автомагистралей.

Техническая эксплуатация электротранспорта и расширение его применения приводят к большой

дневной нагрузке от заряда аккумуляторных батарей в энергосети. Это может вызывать пики её потребления, негативно влияющие на работу городской энергосети. Задачей для энергетиков является сглаживание этих пиков, распределение потребления электроэнергии по времени в течение суток. Специалисты считают, что для обеспечения в РФ электроэнергией возрастающего парка электромобилей потребуется увеличить производство электроэнергии более чем на 30 %, для чего потребуется увеличить мощности тепловых электростанций, на которые приходится более 60 % произведённой электроэнергии [2]. Это в свою очередь приведёт к дополнительному расходу топливных ресурсов и увеличению выбросов вредных веществ в атмосферу тепловыми электростанциями. Выбросы CO₂ при этом также увеличатся. Сравнение концентраций вредных веществ, выделяемых ТЭС и ДВС показывает, что уровень нормируемых вредных веществ по концентрациям после прохождения дымовых газов через фильтры-нейтрализаторы, установленные на ТЭС, соответствует предельным вредным выбросам ЕВРО-5 обычного автомобиля.

Считается также, что резервы производства электроэнергии в России не столь велики, чтобы значительно нарастить парк электромобилей в мегаполисах, так как электростанции большее своё время работают на пределе своей мощности. Производство электроэнергии на тепловых электростанциях осуществляется с эффективностью 35...38 %, т.е. фактически такой же как у ДВС. Передача электроэнергии на место зарядки электромобиля снижает полученный на электростанциях КПД на 10 %. Поэтому ресурсы наращивания мощностей в этом направлении ограничены. Анализ специалистами производства электроэнергии в РФ показывает, что её увеличение для удовлетворения потребностей развития парка электромобилей займёт не одно десятилетие [2].

По данным специалистов института систем энергетики имени Л.А. Мелентьева производство электроэнергии за период 2020—2050 гг. планируется увеличить примерно в 1,7 раза. При этом 35 % прироста производства электроэнергии в стране будет обеспечиваться за счёт "безуглеродных" источников электроэнергии (АЭС, ГЭС, ВИЭ) и 65 % за счёт ТЭС. Изменения в структуре генерирующих мощностей, вызванные ограничениями на выбросы CO₂, приведут к дополнительным капиталовложениям в более дорогие проекты. Суммарные капиталовложения в электростанции в период 2021—2050 гг. составят 773 млрд [3].

В Европе энергетическая проблема развития автотранспорта из-за отсутствия своих углеводородных энергетических ресурсов стоит более остро. В период становления программы по переходу на электротранспорт в Германии было запланировано на 2020 г. выпуск 1 млн автомобилей с электроприводом и 750 тыс. станций зарядки для них. Для обеспечения такого парка ТС правительства Германии и других развитых стран Европы в последнее десятилетие в рамках развития "зелёных технологий" стали переходить к производству электроэнергии массовой постройкой вет-

рогенераторов и солнечных панелей. Этому способствовало как ужесточение экологической политики в Европе, так и необходимость снизить зависимость экономики страны от импорта углеводородного топлива. Для продвижения этого направления в Париже рядом стран мира подписаны "Соглашение о климате".

В 2019 г. "зелёные источники" Германии дали 47,3 % от общего объёма производимой электроэнергии. За последние пять лет установленная мощность ветрогенераторов достигла в Германии 55 ГВт, в Великобритании 22 ГВт. В Британии мощность новых энергетических источников за 10 лет увеличилась с 750 МВт до 20 ГВт [4]. Установки, работающие на возобновляемых ресурсах, дают половину всей энергии, производимой в этих странах. Но возобновляемые источники энергии (ВИЭ) внесли и новые проблемы: это повышение тарифов на электроэнергию, сложность утилизации агрегатов ветряных и солнечных батарей, усложнение организации электроснабжения АТС от этих источников. Поэтому данное направление подвергается критике. Нарастание новых мощностей приводит к усложнению управлением энергосистемой. Отсутствие должной синхронизации с традиционными энергосетями вызывает постоянные краткосрочные отключения, например, в Германии в 2018 году таких было 167 400. Следует сказать и о низком КПД генерации: у солнечных панелей он держится в районе 15—17 %, т.е. КПД таких установок значительно ниже, чем у любой ТЭС, а тем более у АЭС [4].

Как показывает опыт европейских стран, рост потребления электроэнергии приведет к её удорожанию в энергетической системе потребления. Получение электроэнергии другими методами, например за счёт ветряков, приведёт к ещё большему удорожанию производства электроэнергии и, соответственно, энерготарифов. Пример этому имеет Германия, где тарифы на электричество с 1990 по 2015 год выросли на 68 % [4].

Также есть пример 2021 г. в США от зимнего низкотемпературного катаклизма. От обледенения лопастей ветрогенераторов и снежного покрова на солнечных панелях вся "зелёная энергетика" штата вышла из строя. Это привело к дефициту и резкому подорожанию электроэнергии. Энергетический коллапс от резкого погодного похолодания зимой 2021 г. буквально остановил альтернативную генерацию в Германии и Японии, что привело к резкому скачку цены на электроэнергию на заправочных станциях электромобилей. Заправка электромобиля "Тесла S" в период кризиса подскочила в несколько раз. В летний период 2019 г. во время сильной жары энергосистема штата Техас не справилась с резко выросшей нагрузкой из-за массового включения кондиционеров. Произошли массовые отключения потребителей от энергоснабжения. В этот период цена одного киловатта составила 6—9 долларов США. Без дотаций от государства ветро- и солнечные электростанции не могут конкурировать с традиционными ТЭС и АЭС. Следует отметить, что в итоге в США каждый киловатт "зелёной энергетика" оплачен из кармана налогоплательщиков по тарифу,кратно превышающему тарифы ТЭС и АЭС [5].

Рассматривая тему развития электропривода на автотранспорте в РФ, следует сказать о и недавно появившемся новом альтернативном направлении. В соответствии с планом мероприятий программы от 2020 г. "Развитие водородной энергетики в Российской Федерации до 2024 г." исходящего из Парижского соглашения по климату, правительством России намечено провести разработки по использованию водорода, получаемого электролизом, на внутреннем рынке в качестве моторного топлива для топливных элементов на разных видах транспорта в том числе и автомобильного. Программой предусматривается также рассмотреть возможности использования локализации зарубежных технологий в России. Экспертами Центра экономического прогнозирования Газпромбанка в этой связи сделана предварительная оценка стоимости производства водорода из природного газа, которая показала, что производство водорода в России будет вдвое дешевле чем в Европе, поэтому ставка в производстве водорода делается на Россию [6].

В ближайшие два—три года "Росатом" намерен задействовать около 1,5 МВт мощности АЭС для его электролизного производства, а в пределах пяти—семи лет — порядка 4 МВт, и увеличить производство к 2030 году до 500 МВт. Планируемое наращение общего выпуска водорода в России составит около 5 млн т в год [6].

По данным Росстата производство электроэнергии в 2019 г. составило 1,118 трлн кВт·ч, причём на долю тепловых электростанций приходится более половины. Анализ тенденции развития производства электроэнергии показывает, что с 1990 г. по настоящее время оно увеличилось всего лишь на 3,3 %, а за период 1985—1990 гг. — на 11 % [7]. Из этого следует, что маловероятно ожидать резкого скачка в производстве электроэнергии РФ в ближайшее десятилетие.

Таким образом, при решении проблем электропривода на автотранспорте в первую очередь необходимо принимать во внимание задачу повышения эффективности использования на АТС электроэнергии и развитие инфраструктуры её потребления в мегаполисах. Учитывая планы развития водородной энергетики, автомобилей с электроприводом в РФ и запланированные для этих целей значительные объёмы потребления электроэнергии, необходимо рассматривать проблемы в комплексе, чтобы развитие одного направления не являлось бы препятствием другому, не мешало наращиванию парка электробусов и *plug-in*-гибридов в крупных городах.

Источники

1. Загарин Д.А., Сальников В.И., Шабанов А.В., Ломакин В.В., Шабанов А.А. Гибридные автомобили. Пути повышения их энергетической эффективности. Автомобильная промышленность. — 2016. — № 1. — С. 4—7.
2. Девянин С.Н., Марков В.А., Савастенко А.А., Савастенко Э.А. Перспективы развития электромобилей в России. Сборник: 9-е Луканинские чтения. Проблемы и перспективы развития автотранспортного комплекса. Сборник докладов Международной научно-технической конференции. Москва, 2021. С. 114—122.
3. Лагерева А., Ханаева В. Влияние ограничений на выбросы CO₂ на инновационное развитие ТЭС. Энергетическая политика. 2020.

Общественно-деловой научный журнал. [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/61011/1/\"Зелёная\" энергетика](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/61011/1/\).

4. Зелёный поворот: как Европа переходит на возобновляемые источники энергии. Онлайн-газета "Экосфера". 19 октября 2020. unsplash.com.
5. "Зелёная энергетика". Энергетическая политика. https://tsar-grad.tv/articles/zeljonaja-jenergetika-vsemirnaja-i-glavnaja-afera-globalistov-ljudi-v-minus-dengi-v-pljus_332028.

6. Водородная энергетика России: состояние и перспективы / Алексей Мастепанов. Энергетическая политика. 2020. Общественно-деловой научный журнал. [https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/61011/1/\"Зелёная\" энергетика](https://elar.urfu.ru/bitstream/10995/61011/1/\).
7. Энергетика_России. Росстат. <https://ru.wikipedia.org/wiki>.

Статья поступила в редакцию 03.08.21;
одобрена после рецензирования 26.08.21;
принята к публикации 16.09.21.

научная статья

УДК 629.113

КОЛЁСНАЯ МАШИНА НА ЭКСТРЕМАЛЬНОМ ПОДЪЁМЕ

Канд. техн. наук ПЕСКОВ В.И.

Нижегородский ГТУ имени Р.Е. Алексеева
(vp.peskov@40mail.ru)

Предложено уточнение к расчёту параметров подвижности колёсной машины при преодолении экстремальных подъёмов.

Ключевые слова: угол преодолеваемого подъёма, реактивные моменты от ведущих колёс, изменение развесовки машины.

WHEEL MACHINE AT EXTREME CLIMB Peskov V.I.

A refinement to the calculation of the parameters of the mobility of a wheeled vehicle when overcoming extreme climbs is proposed.

Key words: angle of overcome climb, reactive moments from driving wheels, redistribution of car weight between axes.

Способность колёсных машин преодолевать затяжные подъёмы зависит от большого числа факторов. В существующей литературе по теории автомобиля влияние большинства этих факторов подробно изучено, но до сих пор не оценена роль реактивных моментов со стороны ведущих колёс, приводящих к заметному изменению развесовки машины, а значит к варьированию максимального тягового усилия на ведущих колёсах, что не может не сказаться на её возможности преодолевать подъёмы.

Максимальный угол преодолеваемого подъёма — один из показательных параметров подвижности колёсной машины, по которому можно однозначно определить превосходство одной машины над другой, выявить её конкретные конкурентные преимущества. При этом необходимо подчеркнуть, что в рассматриваемом случае имеется в виду движение по благоустроенным дорогам с недеформируемым покрытием, обладающим высокой стабильностью свойств, поскольку именно в этих условиях преодолеваются экстремальные подъёмы, соответствующие конкретным сцепным характеристикам ведущих колёс с дорожным полотном.

В общем случае движение на достаточно длинный экстремальный подъём происходит на низшей передаче в трансмиссии и с установившейся малой скоростью, что обеспечивает полное использование тяговых возможностей автомобиля, поскольку не затрачивается тяговое усилие на ведущих колёсах на преодоление инерционных сил F_j и сил сопротивления воздуха F_w

($F_j = 0$ и $F_w \approx 0$). Поэтому уравнение тягового баланса в этом случае имеет вид [1, 2]:

$$F_T^{\max} = F_f + F_\alpha,$$

где F_T^{\max} — максимальная тяговая сила на ведущих колёсах машины, Н; F_f — суммарная сила сопротивления качению колёс при движении по наклонной плоскости, $F_f = G_a f_{\text{ср}} \cos \alpha$, Н; F_α — сила сопротивления движению машины на подъём крутизной α , $F_\alpha = G_a \sin \alpha$, Н; G_a — вес колёсной машины, Н; $f_{\text{ср}}$ — средний коэффициент сопротивления качению колёс по горизонтальной плоскости.

В большинстве случаев параметром, ограничивающим тяговую силу на ведущих колёсах, является коэффициент сцепления φ_x этих колёс с дорожной поверхностью. Поэтому расчёт максимальной тяговой силы F_T^{\max} должен производиться с помощью выражения, содержащего коэффициент φ_x , весовую нагрузку $G_{\text{в}i}$ на соответствующие ведущие колёса автомобиля и учитывающего имеющийся наклон опорной поверхности ($\cos \alpha$):

$$F_T^{\max} = \varphi_x G_{\text{в}i} \cos \alpha.$$

Но нагрузка $G_{\text{в}i}$ существенно меняется при движении в гору по сравнению с нагрузкой на автомобиле, стоящем на горизонтальной поверхности, при этом по-разному, в зависимости от колёсной формулы машины (рис. 1). Если в случае задних ведущих колёс за счёт наклона движущегося в гору автомобиля назад происходит их дополнительная догрузка, то в случае переднеприводного при движении в гору происходит разгрузка ведущих колёс. В обоих случаях величина ΔG

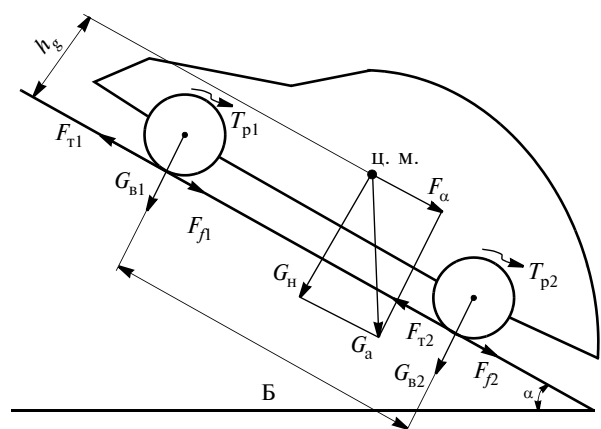


Рис. 1. Общий случай движения двухосного автомобиля по крутому подъёму

догрузки (+) или разгрузки (-) определяется соотношением

$$\Delta G = \pm F_{\alpha} h_g / B = \pm G_a h_g \sin \alpha / B,$$

где h_g — высота положения центра масс автомобиля, м; B — база автомобиля, м.

С учётом сказанного, развёрнутое выражение тягового баланса в этом случае будет иметь вид

$$\varphi_x (G_b \cos \alpha \pm G_a h_g \sin \alpha / B) = f_{cp} G_a \cos \alpha + G_a \sin \alpha.$$

После замены G_b на $G_a K_{цц}$ (где $K_{цц}$ — коэффициент сцепного веса ведущих колёс), сокращения уравнения на G_a и деления его на $\cos \alpha \neq 0$, получим:

$$\varphi_x K_{цц} \pm \varphi_x h_g \operatorname{tg} \alpha / B = f_{cp} + \operatorname{tg} \alpha.$$

Отсюда

$$\operatorname{tg} \alpha = (\varphi_x K_{цц} - f_{cp}) / (1 \pm \varphi_x h_g / B)$$

$$\text{и } \alpha = \arctg[(\varphi_x K_{цц} - f_{cp}) / (1 \pm \varphi_x h_g / B)].$$

При этом для расчётов заднеприводного автомобиля перед членом $\varphi_x h_g / B$ берётся минус (-), а для переднеприводного автомобиля — плюс (+). Плюс также берётся в расчётах полноприводной колёсной машины с работающим симметричным межосевым дифференциалом, но там несколько меняется само выражение, поскольку одновременно создают одинаковое тяговое усилие и передний, и задний ведущие мосты:

$$\alpha_{(4 \times 4)} = \arctg [(2\varphi_x K_{цц} - f_{cp}) / (1 + 2\varphi_x h_g / B)].$$

При более глубоком анализе ситуации движения колёсной машины в экстремальный подъём можно отметить ещё один важный фактор, влияющий на получаемый расчётный результат. Это уже ранее исследованное при преодолении крупных единичных препятствий влияние реактивного момента от ведущих мостов на корпус (кузов) автомобиля [3, 4], приводящее к дополнительному изменению его развесовки. Наличие этого фактора никем в расчётных исследованиях движения по экстремальным подъёмам не учитывалось и его влияние на конечный результат до сих пор не изучалось.

На основании анализа рис. 1 можно вывести такое уточнённое выражение для тяговой силы на задних ведущих колёсах заднеприводного автомобиля:

$$F_T^{\max} = \varphi_x (G_{b2} \cos \alpha + G_a h_g \sin \alpha / B + T_{p2} / B),$$

где T_{p2} — реактивный момент на кузов со стороны заднего ведущего моста, Н·м. Но $T_{p2} = F_T^{\max} r_d$ (r_d — динамический радиус ведущих колёс, м). Поэтому $F_T^{\max} = \varphi_x (G_{b2} \cos \alpha + G_a h_g \sin \alpha / B + F_T^{\max} r_d / B)$. После преобразований получим

$$F_T^{\max} = \varphi_x (K_{цц} G_a \cos \alpha + G_a h_g \sin \alpha / B) / (1 - \varphi_x r_d / B).$$

С учётом нового варианта выражения для тяговой силы на задних ведущих колёсах получаем уточнённый вариант тягового баланса для этого случая:

$$\varphi_x (K_{цц} G_a \cos \alpha + G_a h_g \sin \alpha / B) = (1 - \varphi_x r_d / B) (f_{cp} G_a \cos \alpha + G_a \sin \alpha).$$

После сокращения на G_a и деления на $\cos \alpha \neq 0$, получим

$$\varphi_x K_{цц} + \varphi_x h_g \operatorname{tg} \alpha / B = (1 - \varphi_x r_d / B) (f_{cp} + \operatorname{tg} \alpha),$$

$$\operatorname{tg} \alpha = (\varphi_x K_{цц} + f_{cp} \varphi_x r_d / B - f_{cp}) / (1 - \varphi_x h_g / B - \varphi_x r_d / B),$$

$$\alpha_{\text{зп}} = \arctg[(\varphi_x K_{цц} + f_{cp} \varphi_x r_d / B - f_{cp}) / (1 - \varphi_x h_g / B - \varphi_x r_d / B)].$$

Абсолютно аналогично выводится уточнённое выражение для определения максимального угла подъёма, преодолеваемого переднеприводным автомобилем, которое в итоге принимает вид:

$$\alpha_{\text{пп}} = \arctg[(\varphi_x K_{цц} - f_{cp} \varphi_x r_d / B - f_{cp}) / (1 + \varphi_x h_g / B + \varphi_x r_d / B)].$$

Некоторые особенности имеет учёт действия реактивного момента на кузов со стороны обоих ведущих мостов в двухосном полноприводном автомобиле, движущемся в гору с работающим симметричным межосевым дифференциалом.

Симметричность дифференциала обеспечивает практическое равенство тяговых моментов и сил на ведущих мостах, причём определяющим величину тяговой силы будет передний ведущий мост, имеющий наименьшую вертикальную нагрузку на свои колёса. Поэтому суммарная тяговая сила может быть определена соотношением $\sum F_T \approx 2F_{T1}$. Но

$$F_{T1} = \varphi_x G_{b1} \cos \alpha - \varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B - \varphi_x T_{p1} / B =$$

$$= \varphi_x K_{цц1} G_a \cos \alpha - \varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B - \varphi_x F_{T1} r_d / B.$$

Отсюда получаем

$$\sum F_T \approx 2F_{T1} =$$

$$= 2\varphi_x K_{цц1} G_a \cos \alpha - 2\varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B - 2\varphi_x F_{T1} r_d / B,$$

$$2F_{T1} + 2\varphi_x F_{T1} r_d / B = 2\varphi_x K_{цц1} G_a \cos \alpha - 2\varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B,$$

$$2F_{T1} (1 + \varphi_x r_d / B) = 2\varphi_x K_{цц1} G_a \cos \alpha - 2\varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B,$$

$$2F_{T1} = (2\varphi_x K_{цц1} G_a \cos \alpha - 2\varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B) / (1 + \varphi_x r_d / B).$$

Балансовое уравнение в этом случае примет вид $\sum F_T = (2\varphi_x K_{цц1} G_a \cos \alpha - 2\varphi_x G_a h_g \sin \alpha / B) / (1 + \varphi_x r_d / B) = f_{cp} G_a \cos \alpha + G_a \sin \alpha$,

а после сокращения на G_a и деления на $\cos \alpha \neq 0$:

$$2\varphi_x K_{цц1} - 2\varphi_x h_g \operatorname{tg} \alpha / B =$$

$$= f_{cp} \varphi_x r_d / B + \varphi_x r_d \operatorname{tg} \alpha / B + f_{cp} + \operatorname{tg} \alpha.$$

Тогда

$$\operatorname{tg} \alpha = (2\varphi_x K_{цц1} - f_{cp} - f_{cp} \varphi_x r_d / B) / (1 + 2\varphi_x h_g / B + \varphi_x r_d / B).$$

Окончательное выражение для определения максимального угла преодолеваемого подъёма для автомобиля колёсной формулы 4×4, движущегося по недеформируемому дорожному покрытию с включённым в работу межосевым симметричным дифференциалом, принимает вид:

$$\alpha_{(4 \times 4)д} = \arctg[(2\varphi_x K_{цц1} - f_{cp} - f_{cp} \varphi_x r_d / B) / (1 + 2\varphi_x h_g / B + \varphi_x r_d / B)].$$

В случае заблокированного межосевого дифференциала изменение осевой развесовки машины из-за продольного наклона кузова или действия на него реактивного момента со стороны ведущих мостов не ска-

зывается на величине угла максимального преодолеваемого полноприводным автомобилем 4×4 подъёма:

$$\alpha^{\max} = \arctg(\varphi_x^{\max} - f_{\text{ср}}).$$

Для наглядной оценки влияния рассмотренных здесь факторов на максимальный угол преодолеваемого двухосным автомобилем по благоустроенной дороге длинного подъёма в табл. 1 и 2 приведены результаты соответствующих расчётов по выведенным зависимостям для двух вариантов коэффициентов сцепления ведущих колёс с дорожной поверхностью ($\varphi_x^{\max} = 0,8$ и $\varphi_x^{\max} = 0,5$ соответственно) при $f_{\text{ср}} = 0,01$.

Видно, что наибольшее влияние на параметры подвижности двухосных колёсных машин при преодолении крутых подъёмов оказывает учёт реактивного момента от ведущих мостов при движении по дорогам с высоким значением коэффициента сцепления φ_x . При этом для заднеприводного легкового автомобиля уточнение расчётной величины α^{\max} составило более 16 %. Для других вариантов колёсных схем уточнение в этих

Таблица 1

Вариант привода	m_{Ri}	h_g , м	$r_{д'}$, м	Б, м	Реактивный момент	$\text{tg}\alpha^{\max}$	α^{\max} , град.
Задний, 4×2	m_{R2} 0,5	0,6	0,3	2,4	Не учтен	0,4875	25,1
					Учтен	0,5586	29,2
Передний, 4×2	m_{R1} 0,55	0,6	0,3	2,4	Не учтен	0,358	19,7
					Учтен	0,330	18,3
4×4, с заблокированным межосевым дифференциалом	m_{R1} 0,55	0,6	0,3	2,4	Не имеет значения	0,790	38,3
4×4, с симметричным межосевым дифференциалом	m_{R1} 0,55	0,6	0,3	2,4	Не учтен	0,621	31,8
					Учтен	0,5793	30,1

Таблица 2

Вариант привода	m_{Ri}	h_g , м	$r_{д'}$, м	Б, м	Реактивный момент	$\text{tg}\alpha^{\max}$	α^{\max} , град.
Задний, 4×2	m_{R2} 0,5	0,6	0,3	2,4	Не учтен	0,274	15,3
					Учтен	0,2961	16,5
Передний, 4×2	m_{R1} 0,55	0,6	0,3	2,4	Не учтен	0,2356	13,3
					Учтен	0,2227	12,6
4×4, с заблокированным межосевым дифференциалом	m_{R1} 0,55	0,6	0,3	2,4	Не имеет значения	0,490	26,1
4×4, с симметричным межосевым дифференциалом	m_{R1} 0,55	0,6	0,3	2,4	Не учтен	0,432	23,4
					Учтен	0,411	22,4



Рис. 2. Этапы въезда полноприводного автомобиля передними колёсами на вертикальную стену ($h_3^{\max} > r_k$)



Рис. 3. Джип въехал передними колёсами на стену здания ($h_3^{\max} \gg r_k$)

условиях движения составило 5...7 %. При коэффициенте сцепления 0,5 уточнения расчётной величины α^{\max} составили для всех вариантов колёсных схем двухосных автомобилей 4...6 %.

Учёт действия на кузов реактивного момента со стороны ведущих колёс позволяет объяснить впечатляющий трюк, проделанный любителями экстрима и выложенный в сеть Интернет: полноприводный автомобиль со статической развесовкой 50:50 %, колёсной базой 2,1 м, радиусом колёс 392 мм и при коэффициенте сцепления $\varphi_x = 0,8$ въезжает передними колёсами на вертикальную стену здания (рис. 2 и 3).

Нужно подчеркнуть, что для этого случая теоретическая величина максимального преодолеваемого колёсами вертикального препятствия h_3^{\max} значительно превышает радиус колеса, что в принципе при исполь-

зовании для расчётов известной формулы Я.С. Агейкина [5] является невозможным. Но решающее значение на создание условий движения передних ведущих колёс по вертикальной поверхности при этом оказало изменение развесовки автомобиля за счёт реактивных моментов со стороны ведущих колёс, благодаря которым динамическая развесовка приблизилась к соотношению 35:65 %, сделав возможной такую невероятную эквилибристику. Действительно, максимальная сила прижатия передних колёс к стенке за счёт задних ведущих колёс составила $0,65 \cdot 0,8 G_a = 0,52 G_a$, за счёт этого вертикальное усилие, развиваемое передними ведущими колёсами при взаимодействии с вертикальной поверхностью (считаем коэффициент сцепления с ней также 0,8), равно $0,65 \cdot 0,8 \cdot 0,8 G_a = 0,416 G_a$, т.е. оно существенно превышает силу тяжести, приходящуюся на передок машины. Это обстоятельство и поз-

волило передним колёсам взобраться на вертикальную стену.

Источники

1. Кравец В.Н. Теория движения автомобиля: учебник. — Нижний Новгород, НГТУ, 2014. — 697 с.
2. Песков В.И. Теория автомобиля: учеб. пособие. — Нижний Новгород, НГТУ, 2006. — 176 с.
3. Песков В.И., Песков Д.В. Повышение способности полноприводных транспортных средств к преодолению единичных препятствий типа прямоугольного уступа. — ААИ. — 2015. — № 6 (95). — С. 46–50.
4. Песков В.И., Кузьмин Н.А. Расчётные исследования эксплуатационных характеристик автомобилей: монография. — Нижний Новгород, НГТУ им. Р.Е. Алексеева, 2018. — 212 с.
5. Агейкин Я.С. Проходимость автомобиля. — М.: Машиностроение, 1981. — 232 с.

Статья поступила в редакцию 16.08.21;
одобрена после рецензирования 27.08.21;
принята к публикации 16.09.21.

научная статья

УДК 62-254.3

НАПРЯЖЁННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ КОЛЁСНОГО ОБОДА И ЕГО ОПТИМИЗАЦИЯ

Д-р техн. наук БАЛАБИН И.В.¹, ЛЯМИН М.С.²✉

¹ МГТУ имени Н.Э. Баумана,

² Дмитровский институт непрерывного образования (crusader1982@mail.ru)

Приводится расчёт с последующим анализом напряжённо-деформированного состояния обода колеса грузового автомобиля на примере обода 8,25-22,5 бескамерной и шины 11/70-22,5 грузовых 2- и 3-осных автомобилей семейства МАЗ. Даны рекомендации по оптимизации профиля обода путём утолщения наиболее напряжённых и утоньшения наименее нагруженных.

Ключевые слова: напряжённо-деформированное состояние обода, оптимизация обода.

THE STRESS-STRAIN STATE OF THE WHEEL RIM AND ITS OPTIMIZATION

Balabin I.V., Lyamin M.S.

The article provides a calculation with subsequent analysis of the stress-strain state of a truck wheel rim using the example of a tubeless rim 8.25-22.5 and a tire 11 / 70-22.5 for 2- and 3-axle trucks of the MAZ family. Recommendations are given for optimizing the rim profile by thickening the most stressed ones and thinning the least loaded ones.

Key words: rim stress-strain state, rim optimization.

Доминирующий фактор, вызывающий напряжённо-деформированное состояние обода колеса, — усилие, возникающие при внутреннем давлении воздуха в шине [1], поэтому исследование проводилось при воздействии на обод сил, обусловленных максимальным рабочим давлением воздуха (0,6 МПа) для бескамерной шины 11/70-22,5, применяемой на автомобилях высокой грузоподъёмности семейства МАЗ. Для исследования использовалась система автоматического проектирования Компас 3D, позволяющая определять напряжения и деформации с последующим подсчётом

величины эквивалентных напряжений по пятой энергетической теории прочности.

Результаты расчёта эквивалентных напряжений, показаны на рис. 1 и 2 применительно к наружной и внутренней поверхностям обода. При этом исследованиям подвергались две схемы: с приваркой диска к дну ручья и более поздней конструкции, в которой диск приваривается к горизонтальной площадке между посадочной полкой обода и его стенкой ручья. В основу анализа положены результаты эквивалентных напряжений для двух указанных схем.

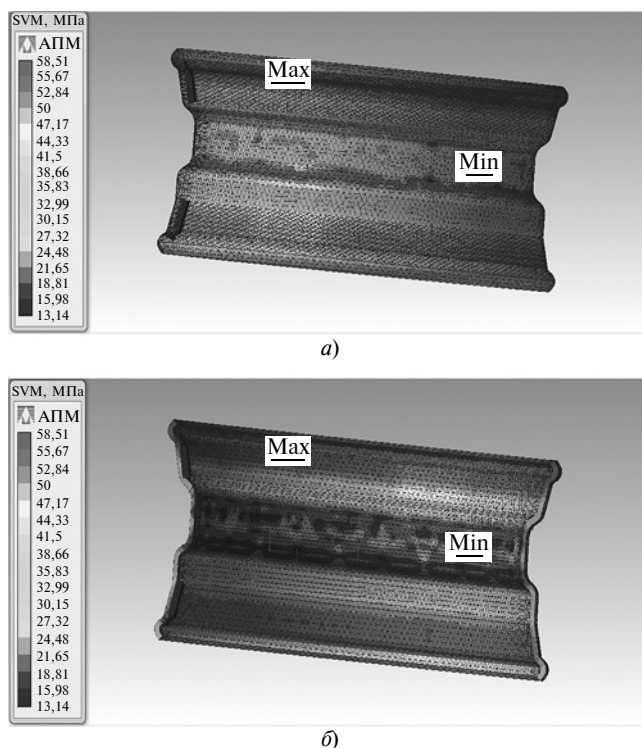


Рис. 1. Эквивалентные напряжения на внутренней (а) и наружной (б) поверхностях обода с приваркой диска к дну ручья

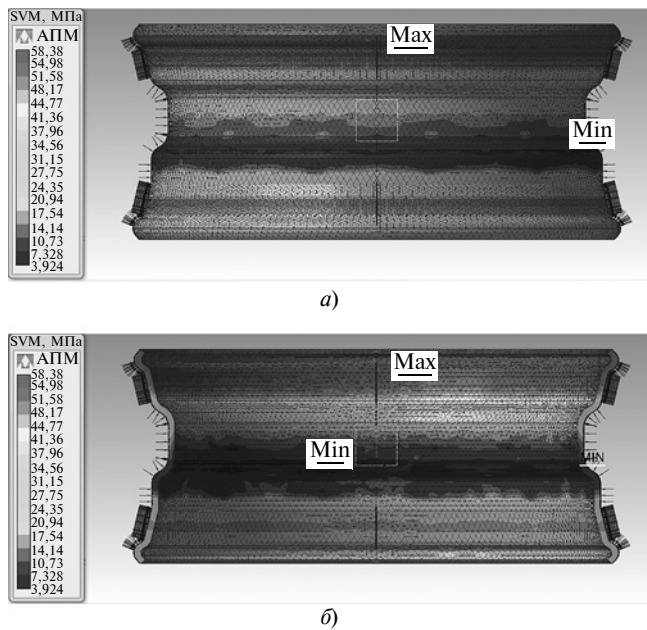


Рис. 2. Эквивалентные напряжения на внутренней (а) и наружной (б) поверхностях обода с приваркой диска к горизонтальной площадке

Как показывает анализ распределения эквивалентных напряжений по сечению обода с приваркой к дну ручья, характер этих напряжений является крайне неравномерным, при этом максимальные значения этих напряжений расположены на наружной кромке бортовой закраины, постепенно уменьшаясь при движении к посадочной полке. Данный анализ относится к той половине, которая не содержит горизонтальной площадки между посадочной полкой и ручьём.

Что же касается второй половины, содержащей цилиндрическую площадку, соединяющую посадочную полку и стенку ручья, то характер распределения эквивалентных напряжений здесь в целом аналогичен первой половине, однако отличие имеется и относится к кромке бортовой закраины обода, на которой напряжения оказываются меньшими примерно на 15–20 МПа. Также имеет место некоторый скачок эквивалентных напряжений на дне ручья между зонами свободными от диска и содержащими диск. При этом необходимо отметить характерный факт применительно к ободьям, используемым для бескамерных шин грузовых автомобилей: незначительное отличие напряжений между наружными и внутренними поверхностями. Здесь превалирует концентрическое сжатие обода перед изгибным состоянием, которое характер-

но для ободьев, применяемых на камерных шинах, и имеющих высокую бортовую закраину.

Анализируя эквивалентные напряжения обода с приваркой диска к цилиндрической площадке (рис. 2), видим, что отличиям данного состояния от предыдущего являются повышенные напряжения на дне ручья, не подкрепленном диском колеса. Хотя данное увеличение и не является значимым, составляя порядка 10–15 МПа.

Принимая за основу распределение эквивалентных напряжений по сечению обода, замечаем, что обод содержит резервы повышения уровня равнопрочности сечения за счёт снижения толщин там, где данные напряжения имеют меньшее значение и наращивания в зонах повышенного значения, относящимся к радиусным зонам перехода, где напряжения оказываются на и более высокими.

Таким образом, оптимизация обода прежде всего касается снижения толщины дна ручья, а также цилиндрической площадки и некоторого наращивания материала на зонах радиусов переходов от дна в стенку и стенки в горизонтальную площадку для половины, содержащей эту площадку, и перехода стенки в посадочную полку для второй половины, на которой горизонтальная площадка отсутствует, а также на кромке бортовой закраины, где окружные напряжения составляют максимум.

На рис. 3 показано оптимизированное сечение обода, у которого толщина цилиндрической части и посадочной полки уменьшены на 1 мм, дна — на 2 мм, а в указанных радиусных зонах и на кромке бортовой закраины увеличена на 1 мм. На рис. 4 показаны результаты расчёта эквивалентных напряжений для оптимизированного обода.

Данное мероприятие позволяет повысить равнопрочность различных зон обода. При этом снижение толщин указанных зон даёт снижение массы примерно на 3 кг, а наращивание толщины наружной кромки скажется на массе обода весьма незначительно, но будет играть очень важную роль в повышении прочности и жёсткости зоны, подверженной случайным ударам от неровностей дорожного полотна. В результате величина напряжений не превышает того максимума, который зафиксирован на кромке бортовой закраины обода.

Учитывая, что максимальный уровень эквивалентных напряжений на оптимизированном сечении не только не превышает уровня напряжений на оптимизируемом, но даже несколько снижен, можно обоснованно сделать заключение о его более высоких проч-

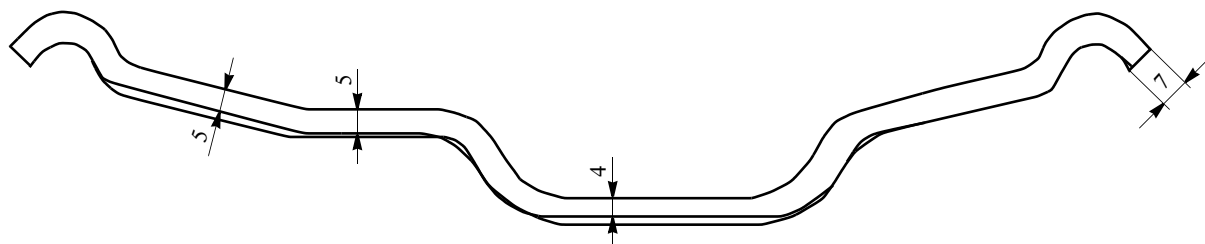


Рис. 3. Профиль обода 8,25–22,5 переменной толщины

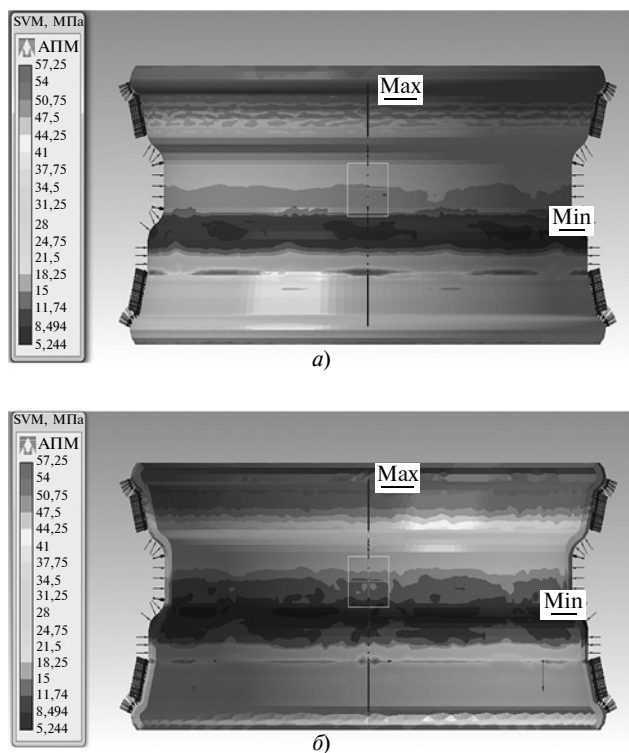


Рис. 4. Эквивалентные напряжения на внутренней (а) и наружной (б) поверхностях оптимизированного обода с приваркой диска к горизонтальной площадке

ностных качествах оптимизированного сечения по сравнению с оптимизируемым.

Таким образом, в результате исследования вскрыт характер напряжённо-деформированного состояния обода "грузового" колеса перспективной конструкции, предназначенного для бескамерных шин грузовых автомобилей, существенно снижающих неподрессоренную и вращающуюся массу. Это весьма положительно отражается на ходовых качествах подвижного состава и позволяет существенно экономить металлопрокат с учётом массового производства данного изделия. Проведённая оптимизация позволяет существенно повысить равнопрочность сечения обода, снизить его массу и момент инерции, и тем самым повысить эффективность использования транспортных средств. Как показывают расчёты, при снижении на 3 кг массы одного обода размером 8,25-22,5 с учётом годового выпуска автомобилей 100 тыс. ед. для двухосной модели экономия составит 1800 т, а для трёхосных — 2400 т.

Источники

Балабин И.В. Формирование нагрузочных режимов и расчёт напряжённо-деформированного состояния элементов конструкции колёс автомобилей общего назначения. Диссертация д-ра технических наук. — М., 1985 г.

Статья поступила в редакцию 03.09.21; одобрена после рецензирования 22.09.21; принята к публикации 28.09.21.

научная статья

УДК 629.35.027.3

"ОТСКОК ПОДВЕСКИ" И ПРОГНОЗИРУЮЩИЕ СВОЙСТВА СИСТЕМЫ ДИНАМИЧЕСКОЙ СТАБИЛИЗАЦИИ АВТОПОЕЗДА

Канд. техн. наук МАЛИНОВСКИЙ М.П.
МАДИ ГТУ (ntbmadi@gmail.com)

С целью совершенствования прогнозирующих свойств системы динамической стабилизации предлагается использовать в их алгоритмах угловую скорость рулевого колеса и боковую ускоряемость, т.е. производную от ускорения, которые опережают традиционно применяемые скорость рыскания и боковое ускорение. Результаты проведённых автором экспериментальных исследований позволили выявить феномен "отскок подвески" при выполнении манёвра "смена ряда" и сформулировать рекомендации для внедрения в системах динамической стабилизации, системах предупреждающего управления движением и системах автономного управления.

Ключевые слова: криволинейное движение; электронный контроль устойчивости; система предупреждающего управления движением; боковая ускоряемость; переходные процессы; скользящее среднее.

"SUSPENSION BOUNCE" AND PREDICTIVE PROPERTIES FOR DYNAMIC STABILIZATION SYSTEM OF AN ARTICULATED VEHICLE Malinovsky M.P.

In order to improve the predictive properties of dynamic stabilization systems, it is proposed to use in their algorithms the angular speed of the steering wheel and lateral jerk, that is, the derivative of acceleration, which are ahead of the traditionally used yaw rate and lateral acceleration. The results of the experimental research carried out by the author made it possible to identify the phenomenon of "suspension bounce" when performing the "lane change" maneuver and formulate recommendations for implementation in dynamic stabilization systems, preventive motion control systems and autonomous control systems.

Keywords: curvilinear movement; electronic stability control; preventive motion control system; lateral jerk; transient processes; moving average.

Концепция "Вижн Зеро" по повышению безопасности дорожного движения, основанная на принципе "нулевой терпимости" к смертности на автодорогах, была принята парламентом Швеции в октябре 1997 г. и впоследствии нашла последователей в Нидерландах, а также в отдельных городах Великобритании, США и Канады. В 2018 г. в России на федеральном уровне была принята стратегия безопасности дорожного движения, предполагающая значительное сокращение смертности на российских дорогах в ближайшее десятилетие, составители которой также ориентировались на шведскую программу. Основными способами реализации данной концепции называют снижение скоростного режима и совершенствование дорожной инфраструктуры. Между тем стремление к нулевой смертности на дорогах подразумевает предотвращение дорожно-транспортных происшествий *всех видов*. Поэтому актуальным можно считать внедрение систем предупреждающего уп-



Рис. 1. Легковой автопоезд ВАЗ-21043 + САЗ-82994 при выполнении типового манёвра "смена ряда"

равления движением (СПУД), включающей комплекс модулей, таких как "Торможение", "Дистанция", "Устойчивость" и др. [1].

Статистика аварийности по Российской Федерации за 2020 г. показывает, что нарушение скоростного режима в 30 % случаев приводит к съезду с дороги и в 11 % — к опрокидыванию. В целом данные виды ДТП составили 9,8 и 4,3 % соответственно, однако они обладают весьма высокой тяжестью последствий (10,5 и 11 погибших на 100 пострадавших соответственно), фатальнее — только наезд на пешехода (26,7 % всех ДТП при тяжести последствий 10,8). Отечественная статистика отдельно выделяет наезд на инспекторов ГИБДД и дорожных рабочих (тяжесть 14,8), почему-то не считая их участниками движения, хотя с точки зрения СПУД они тоже пешеходы, но их доля составляет всего 0,2 % [2]. Большегрузные автопоезда специального назначения, несмотря на низкие скорости движения, также склонны к потере устойчивости при криволинейном движении ввиду высокого расположения центра тяжести.

Серийная установка электронных систем динамической стабилизации (СДС) на легковых автотранспортных средствах осуществляется с 1995 г., на грузовых с пневматическим приводом тормозов — с 2000 г. В том же году появилась система против опрокидывания (*RSS, roll stability support*,) для грузовых прицепных звеньев, а в 2004 г. — программа для стабилизации легковых одноосных прицепов, не оборудованных тормозами (*TSP, trailer stability program*). С 2011 г. оснащение СДС стало обязательным на всех новых легковых автомобилях в Евросоюзе, США, Канаде и Австра-

лии. Но в России, как ещё раз показала пандемия Ковид-19, пока не научились ценить человеческую жизнь — ни чужую, ни свою. Согласно пресс-релизу фирмы "Бендикс" от 23.10.2009, внедрение СДС на тяжёлых грузовых транспортных средствах на 34 % снижает аварийность и на 19 % — смертность по сравнению с применением более простой системы против опрокидывания *RSS*. Всё это подтверждает актуальность совершенствования СДС, особенно для грузовых автопоездов. Поэтому модуль "Устойчивость" СПУД можно считать одним из ключевых.

По характеру действия системы активной безопасности подразделяются на информационные, корректирующие и предупреждающие [3]. СДС до сих пор носят корректирующий характер действия, хотя его апологеты и утверждают обратное [4]. Доказательство превентивности СДС выглядит не очень убедительным, так как авторы опираются на значение момента относительно вертикальной оси АТС, рассчитанного методом имитационного моделирования, а не скорости рыскания, которая фиксировалась датчиком СДС в ходе дорожных испытаний [5]. В 2014 г. компания "Форд" объявила о создании превентивной СДС, однако принципиально её алгоритм не изменился, разве что время прогнозирования потенциального заноса сократилось до 100...200 мс. Но более раннее распознавание критических ситуаций — свойство корректирующего характера, хотя и с элементами прогнозирования. Примером таких систем является антиблокировочная система с градиентным принципом регулирования [6]. Таким образом, проблема разработки превентивной СДС остаётся актуальной.

Цель экспериментальных исследований заключалась в совершенствовании прогнозирующих свойств СДС применительно к автопоезду при выполнении типового манёвра "смена ряда" (так называемая "переставка"). В качестве натурального образца использовался двухзвенный автопоезд, состоящий из легкового автомобиля ВАЗ-21043 и одноосного прицепа САЗ-82994 (рис. 1). Эксперимент проводился на автополигоне ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ" при содействии специалистов Лаборатории управляемости и устойчивости Отделения безопасности автомобилей Центра испытаний НАМИ (автор выражает особую благодарность канд. техн. наук Ю.Н. Козлову, выполнявшему настройку аппаратуры и опытные заезды). Методика эксперимента основывалась на требованиях к испытаниям АТС на устойчивость в соответствии с ГОСТ Р 52302, но в дополнение к переставке длиной $S_{\text{п}} = 20$ м были проведены заезды на длине $S_{\text{п}} = 16$ м и $S_{\text{п}} = 24$ м. Заезды выполнялись на сухом, горизонтальном участке дороги с асфальтобетонным покрытием (коэффициент сцепления $\varphi = 0,75 \pm 0,05$). Ввиду расположения двигателя в центре передней оси тягача ВАЗ-21043 первый датчик ускорений был размещён над стойкой переднего левого амортизатора. Второй — установлен в багажнике над центром задней оси тягача, третий — в кузове прицепа над центром его оси. Полезная нагрузка на прицеп имитировалась балластом в виде мешков со стальными шариками общей массой 400 кг [7].

В ходе испытаний фиксировались следующие параметры: время t ; скорость движения v ; угол поворота θ и угловая скорость ω рулевого колеса; ускорение продольное a_x ,

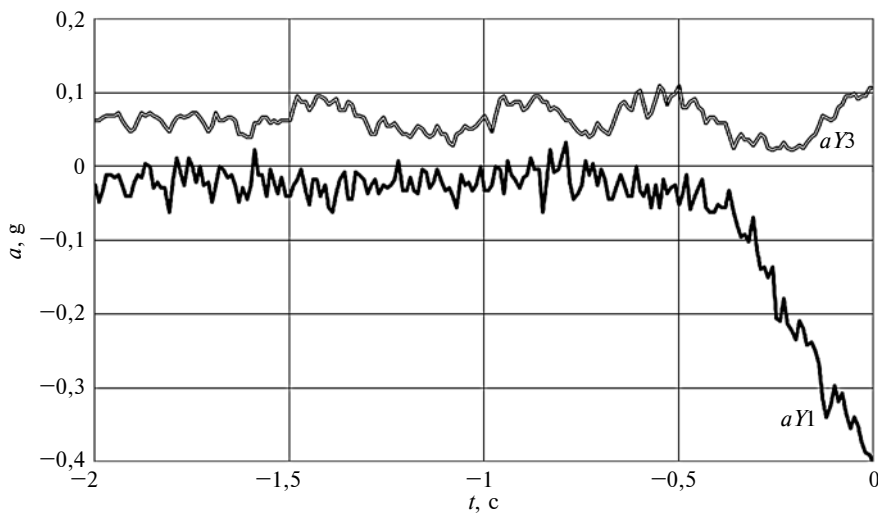


Рис. 2. Исходный график боковых ускорений на первой и третьей осях автопоезда

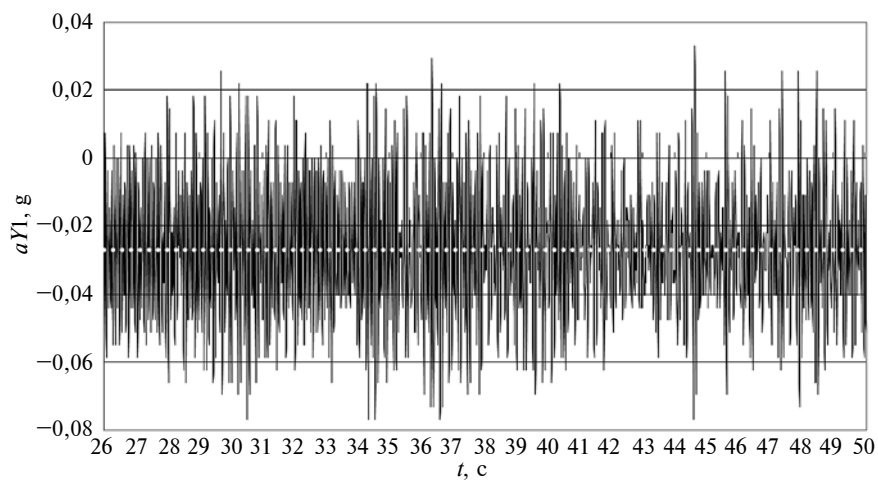


Рис. 3. Определение смещения нуля на стоянке (линия тренда — белым пунктиром)

боковое a_y и вертикальное a_z ; угловая скорость относительно вертикальной оси ω_z (скорость рыскания) и относительно продольной оси ω_x (производная от угла крена); боковая ускоримость j_y , получаемая расчётным путём как производная от бокового ускорения.

Эксперимент показал, что использовать исходный график ускорений (рис. 2) не представляется возможным по двум причинам: смещение нуля боковых ускорений и их чрезмерные флуктуации, которые могут вызывать ложное срабатывание системы. Чтобы получить достоверную информацию о поведении АТС, электронный блок управления должен произвести над сигналами от датчиков ускорений ряд предварительных операций. В-первых, компенсировать смещение нуля вследствие погрешности уста-

новки датчиков относительно осей симметрии АТС (рис. 3). Данная операция должна производиться во время стоянки до начала движения. Во-вторых, удалить собственный электронный шум датчиков и шум, связанный с паразитными колебаниями подпрессоренных масс (от работы двигателя, от мелких дорожных неровностей). Для этого целесообразно применить метод скользящего среднего (рис. 4). Опытным путём установлено, что оптимальное число шагов, за которое высчитывается среднее ускорение, равно 4. При 8...10 шагах пиковые значения сглаживаются и запаздывают настолько, что возникают задержки и пропуски в распознавании критических ситуаций.

После выполнения перечисленных действий можно приступать к анализу экспериментальных дан-

ных. В ходе эксперимента было установлено следующее.

При переходных процессах, в частности, при выполнении манёвра "смена ряда", а также при любом переходе от прямолинейного движения к криволинейному, наблюдается следующий порядок достижения амплитуд регистрируемых параметров: угловая скорость рулевого колеса; боковая ускоримость первой оси; практически синхронно — скорость рыскания обеих осей тягача и боковое ускорение первой оси; боковое ускорение второй оси; скорость рыскания прицепа; боковое ускорение третьей оси. Скорости рыскания первой и второй оси практически совпадают по амплитуде и времени наступления, из чего следует, что датчик можно устанавливать в любой точке тягача. Очевидно, что скорость рыскания предпочтительнее для использования в алгоритмах СДС по сравнению с боковым ускорением. Однако прогнозирующие свойства можно существенно улучшить, применив боковую ускоримость и угловую скорость рулевого колеса, что подтверждается также зарубежными исследованиями [8]. Исходя из угловой скорости рулевого колеса, манёвр "смена ряда" имеет три фазы: вход (поворот в сторону переставки), противоход (с переходом через ноль) и выход (возврат в нейтральное положение). Но подпрессоренные массы отрабатывают данные фазы с некоторым запаздыванием, что объясняется инертностью рулевого управления (причинами которой являются зазоры в зацеплениях рулевого механизма и шарнирах рулевого привода, а также нежёсткость валов и рулевых тяг) [9], шин (ввиду их эластичности) и подпрессоренных масс (в связи с упругими свойствами подвески и несущей системы) [10]. Кстати, по той же причине при работе АБС колебания тормозного момента не приводят к флуктуациям вертикальных реакций на колёсах.

При выполнении смены ряда занос прицепа всегда происходит на фазе противхода подпрессоренных масс. На входе в переставку боковая сила инерции, вызванная центробежной силой, вызывает крен подпрессоренных масс γ_x в сторону, противоположную повороту, т.е.

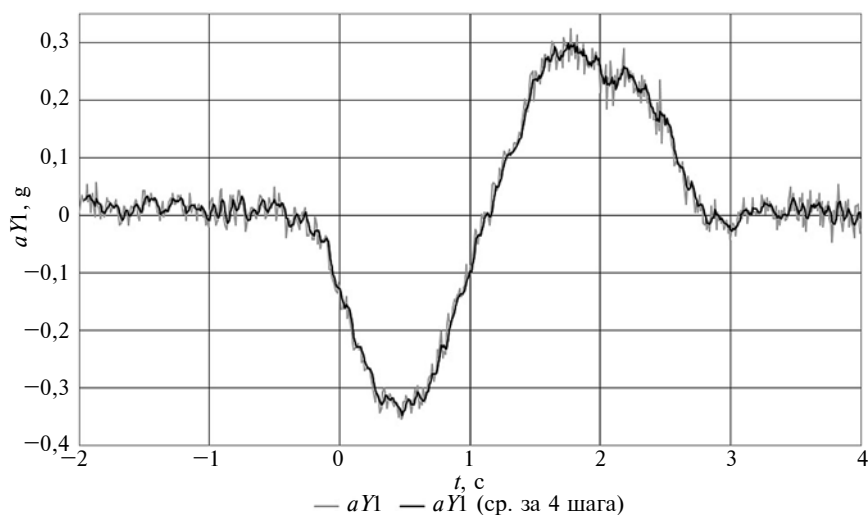


Рис. 4. Удаление шума методом скользящего среднего

вправо. При этом сжимаются упругие элементы подвески наружного относительно поворота (правого) борта. Согласно закону Гука, деформация упругих элементов будет происходить до тех пор, пока их сила упругости не компенсирует действующую на них вертикальную нагрузку. За это время наступает фаза противохода, на прицеп начинает действовать боковая сила влево и создаёт момент в поперечной плоскости, который складывается с моментом от противокрена, вызванного реакцией упругих элементов подвески, т.е. происходит "отскок подвески", резко повышающий вероятность потери устойчивости. На сегодняшний день отсутствует математическая модель, адекватно описывающая данный феномен. Как показали наблюдения, при определённой последовательности неровностей (в шахматном порядке) отскок подвески сам по себе может вызвать автоколебания и занос одноосного прицепа даже при прямолинейном движении. Кроме того, отскок подвески нередко становится причиной дискомфорта пассажиров на железнодорожном транспорте, когда при входе в поворот внутренний рельс опускается, и реакция упругих элементов совпадает с креном вагона от поперечного уклона пути. Недостаточное демпфирование подвески вагона может привести к падению пассажиров [11]. Заложив в систему стабилизации рельеф железнодорожного полотна, что реализовать гораздо проще, чем на ав-

томобиле, можно прогнозировать такие ситуации и заранее адаптировать подвеску каждого вагона.

Экспериментальные заезды на определение критической скорости по заносу в соответствии с ГОСТ Р 52302 показали, что боковая ускоряемость j_Y на входе в случае заноса может оказаться меньше, чем при его отсутствии, что, на первый взгляд, алогично. Тщательный анализ опытных графиков приводит к следующему ответу: чем ниже боковая ускоряемость на входе, тем она выше на фазе противохода, т.е. при

плавном входе водитель вынужден резко переключать рулевое колесо, что повышает вероятность возникновения заноса прицепа, который, как сказано выше, всегда происходит на выходе из переставки.

Значения второй (т.е. на фазе противохода) амплитуды бокового ускорения третьей оси, при которых начинал наблюдаться занос прицепа, составили 0,94...0,95 g. Этой величине равен коэффициент сцепления в поперечном направлении.

Наблюдается прямая зависимость амплитуды бокового ускорения прицепа a_{Y3m} от амплитуды угловой скорости рулевого колеса ω_m и начальной скорости манёвра v_0 , которая отслеживается по началу стабильного прироста угловой скорости рулевого колеса ($\omega = 0$). Существенное влияние оказывает также интервал времени $t_{\omega(0-L)}$ от начала манёвра до первой амплитуды ω_{mL} угловой скорости рулевого колеса, а также время $t_{\omega(L-R)}$ между первой ω_{mL} и второй ω_{mR} её амплитудами: чем больше указанные отрезки времени, тем более пологая траектория на входе, и тем ниже амплитуда бокового ускорения a_{Y3m} (см. таблицу).

При входе в поворот время t_{i-j} между амплитудами бокового ускорения a_Y на i -й и j -й осях коррелирует с отношением расстоя-

$S_{п}, м$	№ заезда	Начало $v_0, км/ч$	Вход (влево)			Противоход (вправо)		
			$\omega_{mL}, ^\circ/с$	$t_{\omega(0-L)}, с$	a_{Y3mL}, g	$\omega_{mR}, ^\circ/с$	$t_{\omega(L-R)}, с$	a_{Y3mR}, g
20	1	60,35	-193,75	0,472	-0,606	278,75	0,94	0,679
	2	58,01	-212,50	0,368	-0,591	381,24	0,912	0,790
	3	59,57	-161,25	0,42	-0,540	292,50	0,988	0,685
	4	59,96	-147,50	0,548	-0,517	250,00	0,86	0,524
	5	60,94	-186,24	0,568	-0,632	232,50	0,932	0,599
	6	64,65	-151,24	0,54	-0,652	398,75	0,708	0,918
	7	69,34	-194,99	0,368	-0,863	334,99	0,9	0,948
	8*	69,92	-176,25	0,508	-0,788	398,75	0,752	1,185
	9	68,55	-167,50	0,728	-0,769	325,00	0,6	0,951
	10*	71,68	-273,75	0,4	-0,893	426,25	0,56	1,197
16	11*	59,96	-142,49	0,72	-0,591	382,50	0,76	0,946
	12*	61,72	-315,00	0,62	-0,824	571,25	0,708	1,478
	13*	56,45	-411,25	0,572	-0,863	461,25	0,748	1,106
	14*	59,96	-266,24	0,48	-0,809	357,50	0,692	1,135
	15*	59,77	-203,74	0,588	-0,723	474,99	0,812	1,060

Примечание: * — заезды, в которых наблюдался занос прицепа.

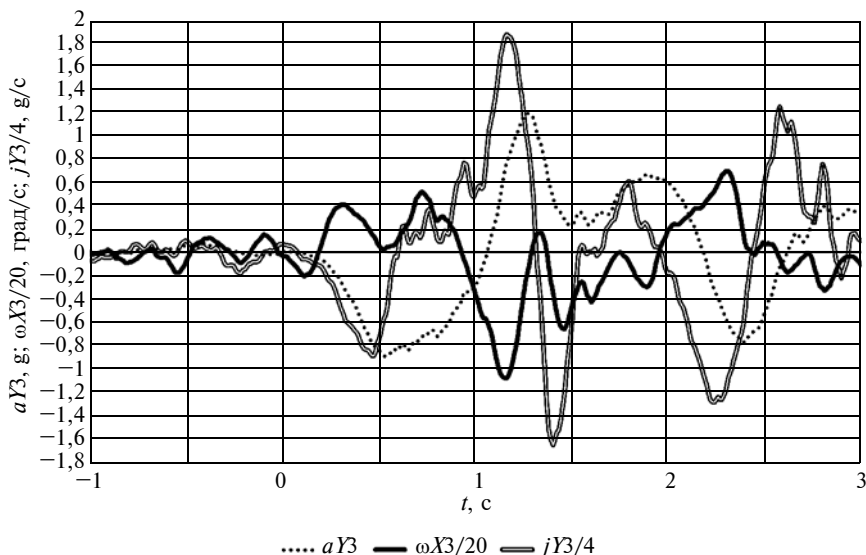


Рис. 5. "Отскок подвески" при заносе на фазе противхода (заезд № 10): совпадение амплитуды боковой ускоряемости оси прицепа и угловой скорости относительно его продольной оси

ния между этими осями $L_{i,j}$ к скорости движения v . Расстояние от передней оси тягача до задней оси $L_{1-2} = 2,424$ м, расстояние от задней оси тягача до оси одноосного прицепа $L_{2-3} = 2,93$ м. Теоретическое время при средней начальной скорости $v_0 = 16,55$ м/с равно $[t_{1-2}] = 0,146$ с, $[t_{2-3}] = 0,177$ с, $[t_{1-3}] = 0,323$ с. Средние экспериментальные значения составили $t_{1-2} = 0,139$ с, $t_{2-3} = 0,164$ с и $t_{1-3} = 0,303$ с. Таким образом, запас времени на реализацию функции СДС на 5...8 % меньше времени, необходимого для подготовки подвески к переезду неровности.

Среднее время от первой амплитуды угловой скорости рулевого колеса ω_{mL} до амплитуд бокового ускорения a_Y на первой, второй и третьей осях при той же средней начальной скорости составило соответственно $t_{\omega-1} = 0,447$ с, $t_{\omega-2} = 0,585$ с и $t_{\omega-3} = 0,749$ с, что равно запасу времени на реализацию функции СДС при прогнозировании по угловой скорости рулевого колеса.

Угловая скорость рулевого колеса ω позволяет определять тип манёвра до наступления заноса прицепа и выбирать алгоритм, по которому следует активизировать СДС. При $v_0 = 58...72$ км/ч вторая амплитуда ω_{mR} практически совпадала с первой амплитудой бокового ускорения оси прицепа a_{Y3mL} . Таким образом, если до окончания действия бокового ускорения наблюдается противход рулевого колеса, то

это переставка, и следует повышать жёсткость левого упругого элемента. Если противход рулевого колеса наблюдается после окончания действия бокового ускорения или вовсе отсутствует, значит, это вход в поворот, и следует повышать жёсткость правого, т.е. наружного относительно поворота упругого элемента. Запас времени между второй амплитудой угловой скорости рулевого колеса ω_{mR} и второй амплитудой бокового ускорения оси прицепа a_{Y3mR} при $v_0 = 58...72$ км/ч составил от 0,652 до 0,96 с или в среднем 0,79 с.

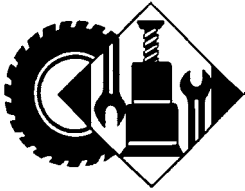
Проведённые теоретические и экспериментальные исследования позволили сформулировать ряд рекомендаций для СДС и СПУД. Так, в алгоритме превентивной СДС потерю устойчивости целесообразно прогнозировать по угловой скорости рулевого колеса и боковой ускоряемости, т.к. используемые в современных системах скорость рыскания и боковое ускорение *отстают* от них. При экстренной смене ряда *вход должен быть круче, а выход — более пологим*. Для этого отрезок времени от начала поворота до первой амплитуды угловой скорости рулевого колеса следует по возможности уменьшать, а отрезок времени между первой и второй её амплитудами — увеличивать. Для тяжёлых грузовых автопоездов с большей длиной базы прицепного звена, чем у экспериментального образца, запас времени составит ещё боль-

ший интервал, что позволяет реализовать алгоритмы СДС даже посредством пневматических упругих элементов, а при наличии комплексной СПУД — активизировать функцию автоматического торможения во избежание потери устойчивости. Эти рекомендации целесообразно использовать и при разработке алгоритмов систем автономного управления транспортными средствами.

Источники

1. Малиновский М.П. Функциональный состав системы предупреждающего управления движением // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2017. — № 2 (49). — С. 121–128.
2. Дорожно-транспортная аварийность в Российской Федерации за 2020 год: Информационно-аналитический обзор. — М.: ФКУ "НЦ БДД МВД России", 2021. — 79 с.
3. Малиновский М.П. Парадигмы управления автотранспортным средством с высоким уровнем автоматизации // Труды НАМИ. — 2018. — № 1. — С. 51–60.
4. Куликов И.А., Бикель Я. Исследование эффективности электронного контроля устойчивости при экстренном маневрировании автомобиля на поверхностях с низким сцеплением // Технологии и компоненты интеллектуальных транспортных систем: сбор. тр. конф. — М.: НАМИ, 2018. — С. 230–259.
5. Малиновский М.П., Кувшинов В.В., Смолко Е.С. Расчёт характеристики пневматического упругого элемента для превентивной системы динамической стабилизации автопоезда // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2020. — № 4 (63). — С. 43–54.
6. Ким В.А. Методология создания адаптивных систем активной безопасности автотранспортных средств на основе силового анализа: монография. — Могилев: Белорусско-Российский университет, 2003. — 344 с. — ISBN 985-6637-05-8.
7. Малиновский М.П. Метод повышения активной безопасности путём предупреждающего управления движением автопоезда: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.03 / МАДИ (ГТУ). — М., 2009. — 157 с.
8. Demić M., Željko Š., Djordje D. A contribution to the identification of parameters of bus handling // Science journal of transportation. — 2020. — № 10. — P. 50–61.
9. Чайковский И.П., Саломатин П.А. Рулевые управления автомобилей. — М.: Машиностроение, 1987. — 175 с.
10. Осташиевский С.А. Сопоставимость времени реакции водителя и реакции автомобиля на поворот рулевого колеса // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). — 2014. — № 2 (37). — С. 15–18.
11. Malinovsky M. Application of jerk in active safety systems // Science journal of transportation. — 2011. — № 3. — P. 62–66.

Статья поступила в редакцию 29.10.21;
одобрена после рецензирования 10.11.21;
принята к публикации 11.11.21.



научная статья

УДК 621.791:05.22.10

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ СВАРКИ (НАПЛАВКИ) В СРЕДЕ УГЛЕКИСЛОГО ГАЗА ПРИ РЕМОНТЕ АВТОМОБИЛЕЙ. ТЕХНОЛОГИЯ И МАТЕРИАЛЫ

ДУБОВИК Е.А.

Донской ГТУ (dubovik1982@list.ru)

Рассмотрена технология использования сварки (наплавки) в среде углекислого газа, а также в качестве ее материала "омеднённой" проволоки Sv-08Г2С ремонта автомобилей.

Ключевые слова: деталь, сварка (наплавка) в среде углекислого газа, проволока Sv-08Г2С, сварные швы, технология.

THE USE OF WELDING (SURFACING) IN THE ENVIRONMENT OF CARBON DIAMOND GAS DURING THE REPAIR OF VEHICLES: TECHNOLOGY AND MATERIALS Dubovik E.A.

The technology of using welding (surfacing) in a carbon dioxide environment is considered, as well as the "copper-plated" wire Sv-08G2S for car repair as its material.

Keywords: detail, welding (surfacing) in a carbon dioxide environment, Sv-08G2S wire, welds, technology.

Наибольшее распространение при сварке углеродистых и низколегированных сталей получила сварка (наплавка) в среде углекислого газа, т.е. сварка плавящимся электродом (проволокой) с защитой сварочной ванны от воздуха углекислым газом, вытекающим струей из сопла горелки, оттесняющим воздух из сварочной ванны и охватывающим поступающую в зону горения дуги электродную проволоку (рис. 1). По объёмам производства такой способ занимает одно из первых мест среди механизированных способов сварки плавлением в силу своей дешевизны.

Технологический процесс восстановления деталей сваркой (наплавкой) состоит из трёх этапов: подготовки к сварке, собственно сварки и термообработки для снятия внутренних напряжений и улучшения свойств детали.

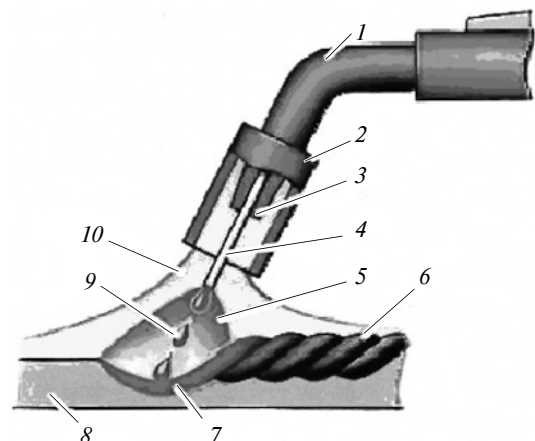
Подготовка к сварке (наплавке) состоит в разделке кромок свариваемых деталей и тщательной очистке свариваемых поверхностей от грязи, масел, ржавчины, окалины. Разделку кромок производят механическими способами или при помощи кислородной резки металла. В последнем случае требуется тщательная зачистка кромок от окалины на всю длину. При подготовке деталей цилиндрической формы (пальцы, оси, валы) к наплавке, при наличии на их поверхностях задигов, мелких поверхностных трещин, эксцентрического износа, расслоений (если износ не превышает

1 мм) производится токарная обработка. Толщина снимаемого при этом слоя составляет обычно 1,5...2 мм. При подготовке к восстановлению изношенных или повреждённых резьбовых поверхностей их первоначально освобождают (путём токарной обработки) от старой резьбы, которая препятствует хорошему сцеплению металла. После этого поверхность, подлежащую наплавке, обжигают газовой горелкой для удаления следов масла. Отверстия, пазы, канавки, которые при наплавке необходимо сохранить, — заделывают медными, графитовыми или угольными вставками.

Детали, которые должны в дальнейшем механически обрабатываться после наплавки, подвергаются отжигу в горне или печи. Для предохранения деталей от нагрева и коробления наплавку ведут с погружением шестерни в воду, оставляя на поверхности только наплавляемый участок.

Сварку деталей из серого чугуна ведут с общим нагревом до температуры 600...650 °С. При снижении температуры ниже 350 °С сварка прекращается и деталь подвергается повторному нагреву. Разделка кромок при этом производится выжиганием металла газовой горелкой. Детали из алюминиевых сплавов сваривают и наплавляют в несколько проходов, применяя алюминиевые электроды или сварочную проволоку из алюминиевых сплавов. Сварку ведут с общим или местным подогревом (до 250...300 °С) детали.

Сущность этого вида сварки заключается в том, что электродная проволока (для защиты от коррозии её часто покрывают тонким слоем меди) с повышенным содержанием кремния и марганца подаётся с постоян-



Сварка в среде углекислого газа:

1 — горелка; 2 — сопло; 3 — токоподводящий наконечник; 4 — сварочная проволока; 5 — дуга; 6 — сварной шов; 7 — сварочная ванна; 8 — свариваемый металл; 9 — капли электродного металла; 10 — газовая защита

ной скоростью в зону сварки; одновременно в эту зону поступает углекислый газ, который обеспечивает защиту расплавленного или нагретого электродного и основного металлов от вредного воздействия окружающего воздуха. Защитный газ (углекислота) подается от баллона через редуктор.

Таблица 1

№	Формула	Примечания
1	$I_{св} = \frac{\pi d_{э.п}^2 a}{4}$	$d_{э.п}$ — диаметр электрической проволоки, мм; a — плотность тока, А/мм ²
2	$V_{пр} = \frac{4\alpha_p I_{св}}{\pi d_{э.п}^2 \rho}$	α_p — коэффициент расплавления проволоки, г/Ач; $l_{св}$ — длина свариваемой проволоки, м; ρ — плотность металла электродной проволоки, г/м ³
3	$\alpha_p = 3,0 + 0,08 \frac{I_{св}}{d_{э.п}}$	—
4	$V_{св} = \frac{\alpha_n I_{св}}{100 F_B \rho}$	F_B — площадь поперечного сечения одного валика, м ² , α_n — коэффициент наплавки, г/Ач
5	$\alpha_n = \alpha_p(1 - \psi)$	где ψ — коэффициент потерь металла на угар и разбрызгивание
6	$G_n = F_{св} l \rho$	$F_{св}$ — площадь свариваемого металла, м ² ; l — длина шва, м
7	$G_n = V_n \rho$	V_n — объем наплавленного металла, м ³
8	$t_0 = \frac{G_n}{I_{св} \alpha_n}$	—
9	$T = \frac{t_0}{K_n}$	K_n — коэффициент использования сварочного поста
10	$G_{пр} = G_n(1 + \psi)$	G_n — масса наплавленного металла, г; ψ — коэффициент потерь
11	$A = \frac{U_d I_{св}}{\eta 1000} t_0 + W_0(T - t_0)$	U_d — напряжение дуги, В; η — КПД источника питания; W_0 — мощность источника питания, работающего на холостом ходе, кВт
12	$\sigma = \frac{P}{l} \delta \leq [\sigma_s]$	P — расчетная нагрузка; δ — расчетная высота шва; $[\sigma_s]$ — допускаемое напряжение для сварного шва; l — расчетная длина сварного шва
13	$l = b - 10$	b — действительная длина шва, за вычетом 10 мм на непровар
14	$\sigma \leq [\sigma_s]$	—

При этом константами являются два параметра: плотность тока — a , А/мм² и диаметр электрической проволоки — $d_{э.п}$, м. Остальные же параметры подлежат расчёту. Перейдём теперь к самой технологии расчёта сварных швов (табл. 1).

Сила тока $I_{св}$ сварки определяется по формуле 1. Скорость подачи электродной проволоки $V_{пр}$ находим по формуле 2, а значение α_p — по формуле 3. Скорость сварки (наплавки) $V_{св}$ рассчитывается по формуле 4, а входящий в нее коэффициент наплавки α_n — по формуле 5.

Масса наплавленного металла G_n вычисляется по формуле 6, а в случае наплавки — по формуле 7. Время горения дуги t_0 , ч, определяем по формуле 8, а полное время сварки (наплавки) T — по формуле 9. Расход электродной проволоки $G_{пр}$ рассчитываем по формуле 10.

Расход электроэнергии A , кВт·ч определяется по формуле 11. Расчёт сварных соединений ведётся для сварочных швов по допускаемым напряжениям. Для соединения встык — по формуле 12, а входящую в неё расчётную длину сварного шва l вычисляют по формуле 13. Условие прочности сварных швов определяется формулой 14.

Качество полученного шва во многом зависит от характеристик используемого расходного материала — сварочной проволоки, необходимой для создания прочного сварного соединения. Наибольшее распространение при сварке в среде CO₂ нашли электродные проволоки Св-08ГС, Св-10ГС, Св-08Г2С, Св-18ХГС и др. Благодаря входящим легирующим элементам одна из наиболее востребованных — сварочная проволока Св-08Г2С (ГОСТ 2246—70 и ТУ 1227-220-10557608—2015), которая применяется во многих видах сварки.

Производят проволоку в двух видах: с покрытием медным слоем (в обозначении добавляется в конце "О", что значит "Омеднённая") и без применения покрытия. Омеднённая продукция производится с сечением от 0,8 до 2,0 мм и может иметь размер: 0,8; 1,0; 1,2; 1,4; и 1,6 мм. Непокрытые изделия имеют сечение в диапазоне от 0,6 до 6,0 мм. В состав продукции в соответствии с нормативной документацией должны входить: С = 0,05...0,11 %; Мп = 1,8...2,1 %; Si = 0,70...0,95 %; S < 0,025 %; P < 0,03 %; Cu < 0,25 %. Общее содержание меди для проволоки с покрытием не более 0,3 % (с учётом покрытия медью, толщиной не менее 0,1 мкм). В состав также может входить не более 0,25 % никеля и не больше 0,2 % хрома.

Проволока Св-08Г2С используется для сварки углеродистых и низкоуглеродистых сталей, которые имеют широкое назначение. Они применяются в машиностроительной отрасли, кораблестроении, а также в строительстве, при ремонте различных изделий из углеродистых сталей. Особенно востребованной является проволока с медным покрытием. Такое покрытие значительно увеличивает проводимость тока за счёт уменьшения контактного сопротивления, что даёт возможность поддерживать равномерную дугу сварки и повышать качество сварного шва за счёт отсутствия окисления.

Благодаря производству разных по диаметру проволок несложно подобрать нужное сечение для сварки как тонких деталей, так и конструкций больших размеров. Например, проволока диаметром 2 мм часто применяется при ремонте небольших металлических деталей, а для сварки крупных металлоконструкций используется 6-миллиметровая.

Проволока сварочная "омеднённая" Св-08Г2С применяется в качестве соединяющего материала при проведении аргонодуговой сварки с использованием полуавтоматических сварочных аппаратов, а также при ручной сварке в среде аргона или его смеси с углекислым газом. Проволоку вводят в область сварного со-

Таблица 2

Массовая доля элементов в составе проволоки Св-08Г2С, %								
С	Si	Mn	Cr	Ni	Mo	Ti	S	P
0,05—0,11	0,70—0,95	1,80—2,10	Не более 0,20	Не более 0,25	—	—	Не более 0,025	Не более 0,030

Таблица 3

Диаметр проволоки, мм	Временное сопротивление разрыву проволоки, МПа	
	Для сварки наплавки	Для изготовления электродов
0,8—1,5	882—1323 (90—135)	—
1,6	882—1274 (90—130)	686—980 (70—100)
2,0	784—1176 (80—120)	686—980 (70—100)
Св. 2,0	686—1029 (70—105)	637—931 (5—95)

Таблица 4

Сила сварочного тока, А	50—60	90—100	150—160	220—240	280—300	360—380	430—450
Напряжение дуги, В	17—28	19—20	21—22	25—27	28—30	30—32	32—34
Расход CO ₂ , л/мин	8—10	8—10	9—10	15—16	15—16	18—20	18—20

единения, где она под действием пламени горелки расплавляется, а после отвердевания образует единое целое с металлом соединяемых деталей. Для проведения аргонодуговой сварки применяются неплавящиеся вольфрамовые электроды. В качестве присадки для образования флюса при выполнении ванной сварки. При расплавлении проволоки и сварных торцов металла, поднявшиеся вверх шлаки после остывания расплава образуют защитную плёнку и предохраняют область шва от окисления. Кроме того, с помощью сварочной проволоки можно добиться за счёт дополнительного легирования улучшения сварного шва.

Химический состав проволоки Св-08Г2С приведён в табл. 2, а механические свойства проволоки — в табл. 3 Временное сопротивление разрыву легированной и высоколегированной проволоки соответствует нормам.

Зависимость напряжения и расхода углекислого газа от силы сварочного тока показана в табл. 4. При сварочном токе 200...250 А длина дуги должна быть в пределах 1,5...4,0 мм. Вылет электродной проволоки составляет 8...15 мм (уменьшается с повышением сварочного тока).

Технологическими преимуществами сварки (наплавки) в среде углекислого газа являются относительная простота процесса сварки, возможность полуавтоматической сварки швов, находящихся в различных пространственных положениях, что позволяет сварку механизировать. Небольшой объём шлаков, образующихся в процессе сварки в атмосфере углекислого газа позволяет в ряде случаев получить швы очень высокого качества.

Экономический эффект от применения сварки в среде углекислого газа всегда ниже, чем при газовой и ручной дуговой сварке. Технологические и экономические преимущества данного вида сварки (наплавки) позволяют широко применять этот вид сварки при ремонте автомобилей и их агрегатов.

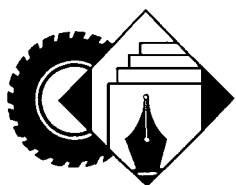
Источники

1. Косилова А.Г., Мещерякова Р.К. "Справочник технолога-машиностроителя". — Машиностроение. В 2-х томах, Том 1, 4-е издание, 1986. — 656 с.
2. Технология конструкционных материалов: Учебник для студентов машиностроительных специальностей вузов / А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, Л.К. Бухаркин и др. под общ. редакцией А.М. Дальского. — 4-е изд. перераб. и доп. — М.: Машиностроение, 2002. — 512 с.

*Статья поступила в редакцию 20.10.21;
одобрена после рецензирования 25.10.21;
принята к публикации 27.10.21.*

◆◆◆

Редактирование научно-технических текстов любой сложности. 499.269-54-98, 915.412-52-56



научная статья
УДК 658.53

ПЕРЕХОД НА АЛЬТЕРНАТИВНЫЕ ВИДЫ ТОПЛИВА И АВТОПИЛОТ КАК СТРАТЕГИЧЕСКИЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТА

Д-р техн. наук **ФАСХИЕВ Х.А.**

Уфимский государственный авиационный ТУ,
Финансовый университет при Правительстве РФ
(faskhiev@mail.ru)

Выявлены проблемы и тенденции развития подвижного состава на автотранспортном комплексе, достижения и препятствия перехода автотранспорта на альтернативные виды топлива: природный газ и на электрическую тягу. Приведены преимущества и недостатки перевода автотранспорта на газомоторное топливо и на электрическую тягу, тенденции на рынке автомобилей на альтернативном топливе. Проведён сравнительный анализ экономической эффективности легковых и грузовых электромобилей с автомобилями того же класса, оснащёнными двигателями внутреннего сгорания. Установлено, что по экономичности электромобили в расчёте за весь период эксплуатации не уступают автомобилям, работающим на нефтяном топливе. Отмечено, что в электромобилях для повышения эффективности перевозок и безопасности параллельно внедряется система автономного управления. Сделан вывод о том, что более целесообразно развивать инфраструктуру электротранспорта.

Ключевые слова: автомобиль; двигатель; газ; электромобиль; энергия; автопоезд; перевозка; аккумулятор; цена; экономичность.

TRANSITION TO ALTERNATIVE TYPES OF FUEL AND AUTOPILOTS AS A STRATEGIC DIRECTION OF DEVELOPMENT OF MOTOR TRANSPORT

Kh. A. Faskhiev

The problems and trends in the development of rolling stock in the road transport complex, the achievements and obstacles to the transition of vehicles to alternative fuels: natural gas and electric traction are identified. The advantages and disadvantages of converting vehicles to gas engine fuel and electric traction, trends in the market for alternative fuel vehicles are given. A comparative analysis of the economic efficiency of passenger and freight electric vehicles with cars of the same class equipped with internal combustion engines has been carried out. It has been established that, in terms of efficiency, electric cars, calculated for the entire period of operation, are not inferior to vehicles running on petroleum fuel. It was noted that in electric vehicles to improve transportation efficiency and safety, a system of autonomous control is being introduced in parallel. It is concluded that it is more appropriate to develop the infrastructure of electric transport.

Keywords: car; engine; gas; electric car; energy; road train; shipping; battery; price; profitability.

Современное состояние подвижного состава автомобильного транспорта однозначно не соответствует сегодняшнему уровню научно-технологического про-

гресса. Особую тревогу вызывает негативное его воздействие на окружающую среду: автотранспорт лидирует во всех видах негативного воздействия. Так, его доля в загрязнении воздуха составляет 95 %, в шумовом загрязнении — 49,5 %, в суммарном воздействии на климат — 68 %, а в выбросах антропогенных парниковых газов — 14 % (самый высокий показатель среди всех существующих гражданских видов транспорта). В мегаполисах около 80 % вредных выбросов выделяет автомобильный транспорт.

Автомобили сегодня потребляют более 60 % добываемой в мире нефти. Автопарк Земли, насчитывающий 1,45 млрд единиц техники, в 2017 г. сжёг 2,4 млрд т моторного топлива. В России эта цифра составила 65 млн т. При сгорании нефтяного топлива в ДВС образуются около 200 различных вредных веществ. Среднестатистический автомобиль потребляет в год в среднем 4 т кислорода, выбрасывая при этом в атмосферу 800 кг угарного газа, 40 кг оксидов азота и 200 кг различных углеводородов. В год российский автопарк, насчитывающий 56 млн единиц техники, выбрасывает в атмосферу около 27 тыс. т бензола, 17,5 тыс. т формальдегида, 1,5 т бензопирена. В целом общее количество вредных веществ, ежегодно выбрасываемых автомобилями, превышает в 20 млн т, и ежегодно увеличивается в среднем на 3 % [1]. Причем в XXI веке мировой парк автомобилей растёт с темпом +2,5 % в год; ежедневно выпускается более 260 тыс. автомобилей. К 2035 г. ожидается удвоение мирового парка как легковых, так и коммерческих автомобилей. В России парк автотехники ежегодно увеличивается в среднем на 1,5 млн единиц. Можно представить, какая будет экологическая ситуация в будущем, если кардинально не менять энергетическую политику на транспорте.

Современный автомобиль — высокотехнологичный, наукоёмкий продукт, по сложности превосходящий первые спутники Земли. Электронная начинка у него по производительности превосходит компьютеры 10-летней давности. Одновременно автомобиль — основной источник негативного воздействия на окружающую среду. Кроме того, автомобиль наносит огромный ущерб человечеству из-за дорожно-транспортных происшествий. По данным Всемирной организации здравоохранения, во всём мире в результате ДТП ежедневно погибают более 3 тыс. человек и около 100 тыс. получают серьёзные травмы. Ежегодно в ДТП от 20 млн до 50 млн человек получают различного рода травмы, а жертвами становятся более 1,5 млн человек (186 тыс. из них дети). Около 30 % смертельных исходов от всех несчастных случаев в мире приходится на долю автотранспорта. По данным Всемирного банка экономические потери от ДТП превышают 500 млрд долларов

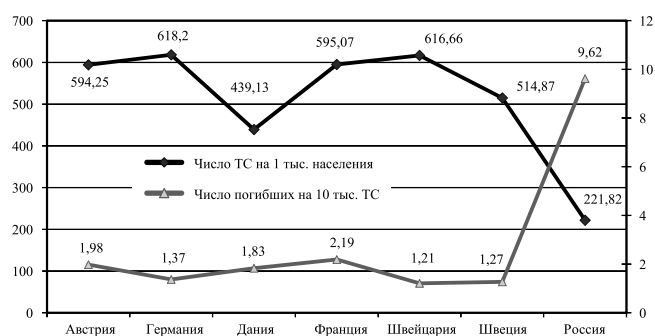


Рис. 1. Удельные показатели смертности в ДТП в некоторых странах (2015 г.)

в год. Для России проблема ДТП стоит особо остро. Так, в 2017 г. произошло 169,4 тыс. ДТП, в которых погибло 19,1 тыс. человек, ранено 215,3 тыс. человек. Смертность в ДТП в расчёте на 10 тыс. автомобилей в России составляет 9,62 человек, что в 4 раза выше, чем в странах Европейского союза (рис. 1). И это несмотря на то, что число автомобилей на 1000 жителей в России в среднем в 2 раза меньше чем у них. По статистике причина 80 % ДТП связана с водителем. *Кардинальное решение проблемы безопасности дорожного движения связывают с переходом на автономное управление автомобилями.*

Автопилот решает ещё одну острую проблему на коммерческом транспорте — даёт возможность ускорить время доставки грузов за счёт увеличения времени работы подвижного состава. Дело в том, что "Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки", принятое в 1970 г. в Женеве, ограничивает время управления автомобилем 9 часами в сутки при одном и 18 часами — при двух водителях [2]. Ежедневная продолжительность управления автомобилем не должна превышать 56 часов, при недельном фонде времени — 168 часов. В течение двух последующих недель время управления автомобилем не должно превышать 90 часов, т.е. при двухнедельном исчислении лишь в течение 27 % фонда времени подвижной состав может использоваться для транспортного процесса. Ограничение времени использования подвижного состава приводит к увеличению их количества на дорогах со всеми вытекающими отсюда последствиями.

Мировое сообщество, встревоженное ожидаемой социальной и экологической катастрофой от нашествия автомобилей, в последние 10...20 лет принимает активные шаги по уменьшению вредного воздействия автомобилей на экологию. В 90-е годы прошлого века были приняты национальные и региональные законы, нормирующие вредные выбросы автомобилей в атмосферу, которые через каждые 3—5 лет ужесточались. Так, в ЕС с 2015 г. действуют нормы Евро-6, в России с 2016 г. — Евро-5. Однако такой подход к повышению экологичности автотранспорта практически исчерпал свои возможности, т.к. дальнейшее ужесточение и так предельно жёстких норм вредных выбросов экономически неэффективно. Каждая ступень незначительно ужесточает нормы выброса, а цена авто-

мобиля при этом удорожает на 20...25 %, что негативно отражается в коммерческих результатах как производителей, так потребителей автомобильной техники.

Сегодня мир находится в поисках альтернативного экологического транспорта, который не будет загрязнять окружающую среду. Стратегически проблема вредных выбросов автотранспорта может быть решена переходом на электрическую тягу. При этом электроэнергию целесообразно генерировать сжиганием газа и за счёт альтернативных источников. Есть ещё одно решение — перевод транспорта на газомоторное топливо. Какую из этих альтернатив выбрать России? На этот вопрос нет однозначного ответа.

Газомоторное топливо. Одно из направлений повышения экологичности, эффективности автотранспорта связано с использованием в роли моторного топлива сжатого (метан) или сжиженного газа (пропан-бутан). В природе имеются большие запасы природного газа — потенциального источника в роли моторного топлива. Доказанные запасы газа в мире составляют около 173 трлн м³, сюда ещё можно прибавить не открытые запасы, которые по расчётам превышают 120 трлн м³. Газовым топливом является также метан угольных пластов, запасы которого оцениваются в 240 трлн м³. Россия — хранитель 40 % запасов природного газа, что делает топливо доступным и дешёвым. В настоящее время около 25 млн автомобилей в мире (1,5 % парка) в роли моторного топлива используют газ, и эта цифра ежегодно увеличивается в среднем на 26 %. В России в 2018 г. эксплуатировалось 212 тыс. газомоторных автомобилей (0,5 % парка). По прогнозу Международного газового союза, к 2030 г. парк газового автотранспорта увеличится до 100 млн транспортных средств (6 % парка).

По экологическим показателям выхлопа газомоторное топливо лучше, чем нефтяное. Транспорт на газовом топливе позволяет сократить выбросы в атмосферу сажи, высокотоксичных ароматических углеводородов, окиси углерода, непредельных углеводородов и окислов азота. Токсичность выхлопных газов при работе на сжатом газе (КПГ) на 60 % ниже токсичности выхлопных газов бензиновых двигателей. Применение природного газа вместо бензина обеспечивает снижение содержания в выхлопных газах окиси углерода с 1,3 до 0,13 %, углеводородов с 221 до 88 млн долей, а окислов и соединений азота с 1000 и более до 100...200 млн долей. Дымность выхлопа в режиме свободного ускорения при работе на газовом топливе в 3 раза ниже, чем при работе на бензине [1].

У природного газа октановое число на 10...20 единиц выше, чем у бензина. По этой причине при правильно выбранном режиме работы двигателя снижается и уровень шума, что важно в условиях города. Коэффициент полезного действия газовых двигателей составляет 35...38 % в широком диапазоне режимов, тогда как КПД бензинового двигателя составляет лишь 32...35 %. Кроме того, использование природного газа в качестве моторного топлива позволяет увеличить срок смены масла, ресурс двигателя, т.к. газомоторное топливо не образует отложений в топливной системе, не смывает масляную плёнку со стенок цилиндров.

Газ в роли моторного топлива привлекателен и с коммерческой точки зрения. Природный газ для использования в качестве моторного топлива не требует глубокой переработки, достаточно его очистки от воды и примесей, тогда как для получения бензина и дизельного топлива требуется дорогостоящая переработка нефти. При одинаковой энергетической ценности 1 м³ газа в 2—3 раза дешевле 1 литра бензина. Так, в 2018 г. 92-й бензин в среднем стоил 42 рубля за литр, то КПП продавался по цене 16 руб./м³, т. е. в 2,6 раза дешевле. Затраты на приобретение и установку газобаллонного оборудования (ГБО) за счёт получаемой экономии на топливе у легковых автомобилей окупаются в среднем за 50...60 тыс. км пробега, т.е. за 2—3 года. Кроме того, применение газомоторного топлива решает проблему слива топлива, т.е. нет необходимости в дорогостоящей аппаратуре слежения.

Россия взяла стратегический курс на газификацию транспорта. Постановление правительства РФ № 767-р от 13 мая 2013 года предусматривает перевод на КПП в 15 российских миллионниках до 50 % парка общественного транспорта, в городах с населением более 300 тыс. человек — до 30 %, для городов с населением более 100 тыс. человек — до 10 %. "Газпром" образовал для реализации проекта операционную компанию "Газпром газомоторное топливо", которой предстоит создать развитую заправочную инфраструктуру и повысить доступность автомобильных газонаполнительных компрессорных станций (АГНКС). Некоторые эксперты и руководители нефтяных компаний считают, что при угольной генерации энергии вред от автомобилей на природу больше, чем от автомобилей с двигателем внутреннего сгорания.

Министерством транспорта России, как известно, реализуется программа расширения использования газа в качестве моторного топлива на транспорте (2018—2022 гг.), в рамках которой предусмотрено: обеспечение производства до 30 тыс. газомоторных автомобилей в год; разработка меры по стимулированию производства и эксплуатации транспортных средств на газомоторном топливе; перевод до 50 % общественного транспорта и техники для ЖКХ в городах с населением более миллиона жителей на газомоторное топливо; увеличение количества автотранспортных средств, использующих КПП в 2,5 раза, сжатый природный газ до 4 тыс. единиц; снижение выбросов загрязняющих веществ на транспортное средство на 30 %; снижение затрат на топливо на одно транспортное средство на 12 %; увеличение объёма потребления КПП с 0,6 млрд м³ до 2,17 млрд м³; увеличение количества АГНКС с 356 в 2017 г. до 1100 в 2022 г.; увеличение количества криогенных автозаправочных станций (стационарных и передвижных) — в 5 раз; заместить 25...30 % дизельного топлива газом.

Несмотря на эти радужные планы, возникает вопрос: правильную ли стратегию выбрала Россия, ориентируясь на газомоторное топливо? Ведь газ, как моторное топливо, имеет целый ряд недостатков, как в техническом, так и в коммерческом плане. Газовый автомобиль не может обеспечить "нулевые выбросы", а просто снижает их объём. Эксперты Топливного со-

юза отмечают, что выбросы у бензиновых автомобилей, соответствующих требованиям Евро-5, практически такие же, как у газовых. Газовые автомобили все равно в отдельных случаях будут использовать нефтяное топливо, например, при запуске или отсутствии возможности заправки газом.

При применении газа в роли моторного топлива возникает ряд серьёзных проблем. В частности, снижается мощность двигателя, повышается снаряжённая масса, газобаллонное оборудование требует дополнительные затраты, возникают проблемы запуска двигателя в холодное время года, есть опасность взрыва газа при утечках. Учитывая более высокое октановое число газа, применяемый двигатель должен быть сконструирован именно под это октановое число. Но на практике под газомоторное топливо используются обычные двигатели, что, естественно, снижает их топливную экономичность и ухудшает скоростно-силовые характеристики. При установке ГБО требуются специальные настройки и изменения в конструкции топливной системы, которые будут не оптимальны для бензина, т.е. автомобиль теряет в мощности и надёжности при езде и на бензине. В эксплуатации у газовых автомобилей по причине тепловой перегруженности происходят поломки двигателя, случаются отказы газового оборудования. Тяжёлые и находящиеся под высоким давлением горючих газов баллоны увеличивают опасность газовых автомобилей. Автомобили, заправляемые пропан-бутаном, пожароопасные, а метановые — взрывоопасные, т.к. давление КПП в баллонах превышает 20 МПа. Для обеспечения безопасности газовых автомобилей требуется установка современного 4-го или 5-го поколения ГБО, и периодическое техническое обслуживание автомобиля в сертифицированных сервисных центрах.

Если бензиновый автомобиль был на гарантии, то при переводе на газ он лишается гарантии, вне зависимости наличия сертификата сервисного центра. Кроме того, процедура перевода и получения сертификата на газовый автомобиль довольно сложна, требует от владельца материальных затрат в объёме 50...60 тыс. рублей. У малолитражных автомобилей и при небольших пробегах затраты на установку ГБО, как правило, не окупаются. Широко рекламируемое утверждение об экономичности газовых автомобилей не всегда подтверждается.

Ключевая же проблема перехода на газомоторное топливо — это потребность создания необходимой заправочной, сервисной инфраструктуры газового транспорта. Эффективная эксплуатация автомобилей на наиболее перспективном дешёвом метане возможна только при наличии развитой системы заправок. Газомоторные транспортные средства сейчас эксплуатируются на коротком плече с учётом географии расположения заправок. Из-за малочисленности заправок автомобили вынуждены совершать холостые пробеги, теряя драгоценное время и, естественно, деньги.

Основной фактор, сдерживающий рост "метановых" автомобилей в России — малое количество газонаполнительных компрессорных станций, а рост их числа сдерживает малое число работающих на метане транс-

порта и соответственно низкий спрос на это топливо. Круг замкнулся. По состоянию на июнь 2018 г. на территории России было всего 360 заправок компримированного природного газа (1 заправка/на 21 тыс. км²). Для сравнения, число бензиновых заправок превышает 29 тысяч. У европейского лидера в продвижении газомоторного топлива Италии 1046 заправок (1 заправка/на 300 км²), Германии — 921 (1/400); Швеции — 154 (1/2900), США — 1123 (1/8300). Заправки в России расположены крайне неравномерно по регионам: половина заправок сконцентрировано Центральном, Приволжском и Южном федеральных округах. Не только для частного бизнеса, но и для государственного "Газпрома", главного поставщика метана и строителя заправок КППГ в стране, инвестиций в инфраструктуру газомоторного транспорта с безызвестным сроком окупаемости весьма накладны.

Программа газификации автотранспорта в России запоздала на 25—30 лет. Она была актуальна, когда в стране активно формировалась система городских АЗС, которые сейчас трудно дооснастить газозаправочным оборудованием. Даже если есть такая возможность, то инвестиции в газозаправочную инфраструктуру потребуют средства в 25...30 % стоимости АЗС. При увеличении потребителей газа не исключается быстрый рост его цены.

С начала 2000-х годов развития "зелёного" транспорта во всем мире идёт в направлении развития не газовых, а электрических автомобилей. Электромобили, в отличие газомоторных, развиваются на основе таких прорывных технологий, как выработка и накопление энергии, возобновляемые источники энергии, наноматериалы, интеллектуальные сети, подталкивают развитию таких областей знаний, как функциональные материалы, автономные транспортные средства, анализ больших данных, имитационное моделирование, искусственный интеллект. Что касается экологичности — электромобилям просто нет альтернативы. Обладая более высоким КПД, они становятся локомотивом внедрения во всей экономике энергетически эффективных технологий.

Электромобили. Переход с нефтяного топлива на газ кардинально не решает экологические проблемы транспорта. Для нормального функционирования транспортного комплекса потребуются создание полноценной газомоторной инфраструктуры в стране. Возникает вопрос: если не газ, то ещё как можно решать экологическую проблему транспорта? Не лучше ли бюджетные средства, заложенные в программу газомоторного топлива, направить в альтернативный проект? Альтернатива общеизвестна — электромобилизация, а газ целесообразно использовать для генерации электроэнергии и тепла в теплоэлектроцентралях. Ряд экспертов считают, что переход на электротягу может нанести ещё больший вред экологии, чем автомобили на нефтяном топливе, т. к. увеличение количества электрокаров приведёт к повышению нагрузки на тепловые электростанции (ТЭС), что, в свою очередь, вызовет увеличение объёма выбросов вредных веществ в атмосферу, включая сажу, углекислый газ и серные соединения. С помощью тепловых электростанций сей-

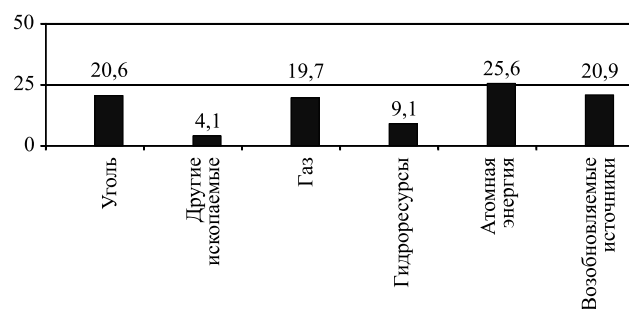


Рис. 2. Доля видов топлива в выработке электроэнергии в странах ЕС (2017 г.) [3]

час производится около 90 % всей мировой электроэнергии. В структуре мощностей российской энергетики на долю ТЭС приходится 68 %, а доля "зелёных" генерирующих мощностей — гидроэлектростанций 21 %, атомных — 11 %. Доля возобновляемых источников энергии не превышает 0,2 % от общей выработки электроэнергии.

В качестве топлива в ТЭС в основном используется уголь и газ. Так, в 2015 г. из выработанной 242 55 ТВт · ч электроэнергии в мире 39 % генерировалась сжиганием угля, 23 % — газа, и лишь менее 34 % за счёт экологически чистых источников. В мире в последние 10 лет происходит интенсивный переход на возобновляемые источники энергии. В 2017 году генерация электроэнергии за счёт возобновляемых источников росла в три раза быстрее, чем конечное потребление энергии. В 2017 г. солнечная, ветровая и биоэнергетика совместно выработали впервые больше электричества, чем угольные электростанции ЕС (рис. 2). С учётом гидроэнергетики сейчас в странах ЕС более 30 % энергии генерируется за счёт возобновляемых источников. По экспертной оценке в 2030 г. эта цифра превысит 50 %.

В некоторых странах существует сильная зависимость ТЭС от одного вида топлива. Так, в Китае, Индии, Польше и ряде других стран более 3/4 электроэнергии вырабатывается на угольных ТЭС. В европейской части России большинство ТЭС переведены на газ. Уголь сжигается преимущественно на станциях расположенных в Сибири и Дальнем Востоке. Многие тепловые электростанции в России используют несколько видов топлива.

Вредные выбросы ТЭС могут быть существенно сокращены за счёт увеличения доли газа в выработке электроэнергии и повышения эффективности сжигания топлива. Так, у современных ТЭС, вырабатывающих только электроэнергию КПД составляет 39...40 %, а у теплоэлектроцентралей он доходит до 85 %. Кстати, у газовых двигателей внутреннего сгорания — не превышает 35 %. ТЭС, как правило, расположены за пределами населённых пунктов, т.е. вредные выбросы осуществляют локально. Львиная доля же выбросов газомоторного транспорта будет сосредоточена в городах.

Исследователи Свободного университета Брюсселя провели анализ воздействия электромобилей в течение их жизненного цикла на климат. Ими было установлено, что в условиях структуры производства

электроэнергии в Европе 2015 г. выбросы в течение жизненного цикла электроавтомобиля более чем в два раза ниже, чем у дизельного автомобиля [4]. С увеличением доли возобновляемых источников энергии в структуре электроэнергетики негативное воздействие электрического транспорта будет уменьшаться.

Учёные Австралии поставили весьма интересный эксперимент, который наглядно продемонстрирует, какая силовая установка окажется более экологичной — электрическая или дизельная. Зарядить аккумулятор электрокара "Тесла" S P85D они решили с помощью дизельного генератора. В роли объекта сравнения взяли универсал "Вольво" V40 с дизельным двигателем D4 объёмом в 2 л. Сравнимые автомобили проехали по тестовому маршруту с одинаковой скоростью 105 км. Испытания показали, что дизельный автомобиль израсходовал на этот путь 4,8 л дизтоплива, а электроавтомобиль, в пересчёте на дизельное топливо, потраченное на работу генератора — 4,46 литра, т.е. на 7,6 % меньше. Таким образом, если даже использовать для зарядки аккумуляторов дизельное топливо, то всё равно электроавтомобиль, имеющий в отличие от дизельного нулевые выбросы в атмосферу, экономически выгоднее. Кроме того, надо учесть тот факт, что даже экспоненциальный рост количества электроавтомобилей окажет лишь незначительное влияние на электроэнергетику. Эксперты консалтинговой компании "Вуд Маккензи" прогнозируют, что энергопотребление электроавтомобилями достигнет примерно 1 % от объёма выработки или 350 ТВт · ч в год лишь к 2035 году. А если заряжать электроавтомобили за счёт электроэнергии, получаемой за счёт возобновляемых экологически чистых источников, то не это ли решение проблемы зависимости человечества от "чёрного золота"? Страны, думающие о своем будущем, сейчас массово внедряют в энергетике "зелёные" технологии. Так, в 2017 г. 30 % энергопотребления в странах ЕС было удовлетворено за счёт возобновляемых ресурсов [4]. По данным Международного агентства по возобновляемым источникам энергии, благодаря удешевлению "зелёной" энергетики и роста цен на нефть в 2023 г. 30 %, а в 2030 г. 55 % генерируемой электроэнергии в мире будет приходиться на экологически чистую энергетику. Развитие "зелёной" энергетики и является акселератором мировой тенденции электрификации транспортных средств. К примеру, в Норвегии — в мировом лидере по индексу человеческого развития последних восьми лет 98 % электричества производят из возобновляемых источников энергии [5].

Нефтедобывающие страны серьёзно озабочены возможным падением спроса на нефтепродукты, следовательно, цен на нефть из-за вытеснения электроавтомобилями автомобилей с бензиновым двигателем. Оценочно к 2030 году ежедневная потребность в нефти сократится на 2,57 млн баррелей — примерно столько нефти каждый день потребляет сейчас Германия. По сути мировое потребление нефти снизится на 1,35 млрд т в год. Эффект стал заметен уже сейчас — в 2017 г. ежедневная потребность в нефти снизилась на 380 тыс. баррелей. При этом потребление газа будет расти на 0,8...1,12 трлн м³, который понадобится как

для выработки новых электромощностей, так и как альтернативное нефти газомоторное топливо.

Еще один существенный момент — с электроавтомобилизацией у населения появляется заинтересованность в выработке электроэнергии для зарядки своих автомобилей. Генерация энергии традиционно являлась "глубоко" монополизированной отраслью. Электроавтомобили могут подтолкнуть их собственников, живущих в индивидуальных домах, развитию локальной "зелёной" энергетики. В стране вполне реально повторить "план ГОЭЛРО", положивший в свое время начало индустриализации СССР. На этот раз план развития "малой энергетики" с электроавтомобилизацией могут дать толчок новой индустриализации России.

Эра электроавтомобилизации. Ключевая проблема у всех крупных городов сегодня — плохая экология, а перевод транспорта на электрическую тягу способствует кардинальному решению этой проблемы. Поэтому переориентация на электротягу стала стратегической линией развития автомобильных компаний во всем мире. В мире с 2011 года наблюдается настоящий бум электроавтомобилей. Сейчас производители предлагают электроавтомобили "на любой вкус": гибридные, заряжаемые двигателем внутреннего сгорания (HEV), гибридные с возможностью зарядки от сети (PHEV), чисто электрические (EV) и автомобили на топливных ячейках (FCV). Лавинообразно растёт их производство и продажа (рис. 3, табл. 1). В 2017 г. в мире было продано 1,28 млн электроавтомобилей, что на 65 % больше, чем годом ранее. Причём 66 % из них пришлось на долю чисто электрических автомобилей. Подобная динамика сохранилась в 2018 году. В целом на электрокары пока приходится 1,28 % всех мировых автомобильных продаж. Однако в некоторых странах их доля

Таблица 1

Страна	Объём продаж электроавтомобилей, тыс. шт.*							
	2005	2010	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Канада	—	—	2,02	3,12	5,07	6,96	11,58	н.д.
Китай	—	1,43	9,90	15,34	73,17	207,38	336	606
Франция	0,01	0,19	6,26	9,62	12,64	22,95	29,51	30,92
Германия	0,02	0,14	3,37	6,93	12,74	23,19	24,61	28,49
Индия	—	0,35	1,43	0,19	0,41	1,00	0,45	н.д.
Япония	—	2,44	24,44	28,88	32,29	24,65	24,85	56
Ю. Корея	—	0,06	0,51	0,60	1,31	3,19	5,26	н.д.
Норвегия	—	0,39	4,51	8,52	19,76	35,61	50,18	33,79
Швеция	—	—	0,93	1,55	4,67	8,59	13,42	4,58
США	1,12	1,19	53,24	96,70	118,78	113,87	159,62	200
Россия	—	н. д.	н. д.	0,096	0,082	0,116	0,083	0,095
Другие	0,53	0,18	3,64	6,05	12,77	26,62	35,31	н.д.
Итого	1,89	6,78	118,06	203,66	323,42	548,21	776,28	1280,86

Примечание: * — по данным Международного энергетического агентства [https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo].

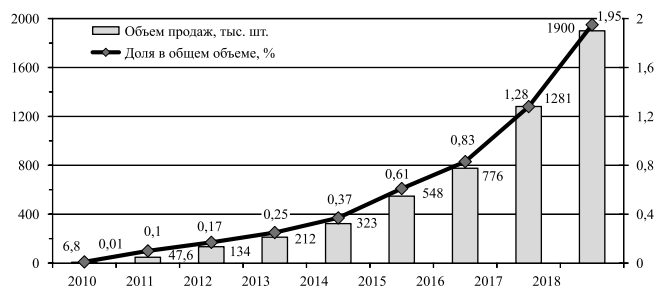


Рис. 3. Динамика продаж электромобилей и гибридов в мире (Составлено по данным [5, 6])

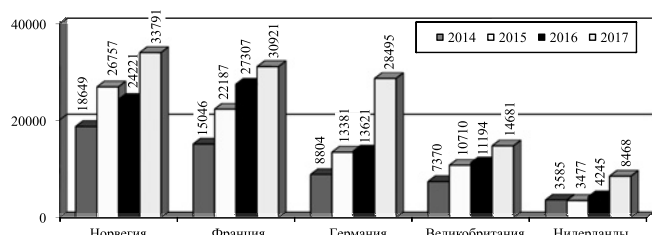


Рис. 4. Динамика объёма продаж электромобилей в некоторых странах Европы

уже довольно существенна: в Норвегии — это 39,2 % всех продаж, в Исландии — 14 %, в Швеции — 5,3 %, в Китае — 2,3 % [5].

Экологические проблемы особо остро проявляют себя в странах Европы, поэтому во всех европейских странах приняты стимулирующие меры развитию "зелёного" транспорта. В 2017 году продажи электромобилей в Европе превысил 149 тыс. авто, парк достиг до 501 тыс. единиц. На рынке электрокаров Европы доминируют 5 стран (рис. 4).

Эта тенденция продолжится и в будущем, т.к. автомобильная промышленность в мире из года в год увеличивает инвестиции на "зелёный" транспорт. В 2016 г. инвестиции в этот сегмент во всем мире составили \$2 млрд, что в два раза больше, чем годом ранее, и на \$650 млн больше, чем за три предыдущих года вместе взятых.

По данным Международного энергетического агентства в 2018 г. парк электромобилей вместе с автобусами достиг 6 млн штук (1,25 % парка). В то же время рост идёт по экспоненте, и картина будет меняться достаточно быстро. Сегмент электромобилей сегодня является наиболее растущим на мировом рынке — в среднем 65 % в год. Первый миллион электромобилей был продан за 60 месяцев, второй — за семнадцать, то четвёртый — всего за шесть. С каждым годом этот показатель увеличивается на четверть [6]. Ситуацию с электромобилями можно сравнить с революцией в производстве мобильных телефонов — после появления смартфонов уже никто не хочет пользоваться кнопочными версиями устройств.

Практически все автомобильные заводы в своей линейке имеют электромобили, причём из года в год очень интенсивно наращивают их объёмы выпуска (табл. 2). Сейчас выпускаются более 130 моделей легковых электромобилей. На долю пяти крупнейших производителей электромобилей приходится более

половины мирового рынка. Пятёрку лидеров возглавляет китайский концерн БИД с долей 13,6 %. Следом за ним идут "Рено-Ниссан" (11,3 %), "Тесла Моторс" (10,8 %), "Фольксваген" (7,8 %) и БМВ (7,7 %). Из лидеров рынка только у "Теслы" в линейке насчитывается менее пяти моделей. Некоторые автопроизводители уже приняли решение отказаться от производства автомобилей с двигателями на нефтяном топливе. Так, "Вольво" заявила о своих планах перехода на производство только электромобилей. Концерн планирует выпускать свои модели в трёх версиях: мягкий гибрид (подзарядить от внешнего источника невозможно); подзаряжаемый гибрид; "чистый" электромобиль. Крупнейший производитель автомобилей "Тойота" обещает освоить производство 10 моделей электромобилей. С 2025 г. компания больше не намерена выпускать автомобили с ДВС без электрического или гибридного аналога. "Тойота" планирует продать миллион электрокаров к 2030 г., а "Фольксваген" намерен добиться этой цели ещё раньше — в 2025 г. В планах БМВ поставить на конвейер к 2025 г. 12 моделей электрокаров. Аналогичные стратегии имеются и у других автопроизводителей. По прогнозам Международного энергетического агентства мировой парк электромобилей составит к 2030 г. 130 миллионов (рис. 5). Согласно докладу "Морган Стенли" к 2040 г. продажи электромобилей превысят продажи автомобилей с двигателями внутреннего сгорания и составят примерно 51 % от всех продаж, что приведёт к радикальным изменениям на нефтяных рынках.

Батарейная поддержка. Темпы и сроки замены классических транспортных средств электрическими будет определяться техническим уровнем развития аккумуляторов и объёмами их производства. Высокая цена, привязанность к зарядной инфраструктуре, боль-

Таблица 2

Место	Модель	Объёмы выпуска электромобилей и гибридов, шт.		
		2016 г.	2017 г.	Прирост, %
1	<i>BjEV EC 180/200</i>	4360	78 079	+1791
2	<i>Tesla Model S</i>	50 935	54 798	+7
3	<i>Toyota Prius Gen-2</i>	2543	50 833	+1999
4	<i>Nissan Leaf</i>	49 818	47 211	-5
5	<i>Tesla Model X</i>	25 372	46 688	+85
6	<i>Zhi Dou D1/D2</i>	22 053	42 342	+108
7	<i>Renault Zoe</i>	21 626	31 535	+46
8	<i>BMW i3</i>	25 576	31 431	+23
9	<i>BYD Song</i>	—	30 920	—
10	<i>Chery eQ</i>	19 485	27 444	+71
11	<i>Chevrolet Volt</i>	595	26 003	+4368
12	<i>Mitsubishi Outlander PHEV</i>	27 850	25 530	-8
13	<i>BYD e5 300/450</i>	15 860	23 632	+51
14	<i>BYD Qin</i>	21 868	20 776	-5
15	<i>SAIC Roewe eRX5</i>	—	19 510	—
Итого		776 277	128 0858	+65

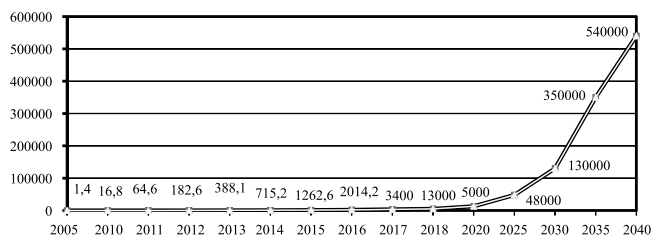


Рис.5. Динамика мирового парка электромобилей, тыс. шт.

шой вес — ключевые проблемы современного электротранспорта, замыкаются на несовершенстве ныне применяемых аккумуляторов. Цена самого дорогостоящего компонента электромобиля — аккумуляторов остаётся пока на достаточно высоком уровне — около 40...45 % цены автомобиля. Развитие электромобилей, пригодных для реальной эксплуатации, началось после изобретения в 1986 г. Дж. Гудэнафом кобальтата лития. На его основе через пять лет фирма "Сони" создала литий-йонные аккумуляторы. Литий обладает весьма необычным свойством: его ионы в соединении с другими металлами могут перемещаться внутри кристаллической структуры вещества. Получается электрический ток — но не электронный, со знаком "минус", как в обычных сетях, а ионный, со знаком "плюс". Раз есть ионный ток, можно сделать и ионный накопитель, причём если в конденсаторе заряд собирается только на поверхности, то в ионном накопителе работает весь объём, а значит, ёмкость батареи увеличивается в разы. Литий-йонные в отличие кислотных свинцовых аккумуляторов имеют высокую энергоёмкость, возможность быстрой зарядки, большое число циклов зарядки/разрядки, широкий диапазон рабочих температур, не требуют обслуживания. Правда, у них по мере эксплуатации снижается энергоёмкость, при зарядке их нельзя перегревать, а при отрицательных температурах ёмкость существенно снижается, поэтому требуют оснащения системой подогрева/охлаждения. Кроме того, при замыкании электродов они могут самовозгораться.

Исследователи по всему миру ведут интенсивные поиски по усовершенствованию аккумуляторных батарей. Есть и существенные результаты. Например, аккумуляторы "Тесла Родстер" ёмкостью 250 кВт·ч обеспечивают ему пробег до 1000 км, аккумулятор 36-тонного автопоезда "Тесла" имеет ёмкость 1000 кВт·ч, что позволяет осуществлять пробег на 800 км на одной зарядке. С развитием конструкций, технологий производства снижается и цена батарей. Совсем недавно — в 2010 г. удельная стоимость батарей составляла в среднем 750 \$/кВт·ч, а в 2018 г. она снизилась уже до 190 \$/кВт·ч, т.е. в 4 раза (рис. 6). Эксперты "Блумберг" прогнозируют падение стоимости батарей к 2030 году до 73 \$/кВт·ч даже без каких-либо существенных технологических прорывов. "Тесла" уже сейчас вышла на уровень цен своих батарей 120 \$/кВт·ч.

Массовое производство тяговых аккумуляторов в мире только начинается. Так, в стоимостном выражении в 2010 г. объём мирового рынка литий-йонных аккумуляторов составлял не более 9,1 млрд долларов, а к

2016 г. он вырос в 2,8 раза и составил более 26 млрд. По прогнозу агентства "Хедворк Аналитикс" за 10 лет рынок литий-йонных аккумуляторов вырастет более чем вдвое и к 2026 г. составит до 50 млрд долларов. К 2030 г. спрос на аккумуляторы вырастет в 15 раз, и миру потребуется как минимум 10 гигафабрик по их производству. Рост будет обуславливаться ростом рынка электромобилей и замещения свинцовых аккумуляторов. Российский рынок литий-йонных аккумуляторов в силу ряда причин, связанных с развитием отечественной экономики, составляет в настоящий момент не более 0,3 % от мирового рынка [7].

А как же обстоят дела с производством батарей для электромобилей в России? Производства литий-йонных аккумуляторов для бытовой электроники гражданского назначения в РФ нет. Единственным производственным предприятием, способным серийно выпускать современные литий-йонные аккумуляторы высокой ёмкости для электротранспорта и систем накопления энергии, является завод Лиотех (Новосибирск), а стальные — ОАО "Аккумуляторная компания "Ригель", Верхнеуфалейский завод "Уралэлемент", ПАО "Сатурн", АО "НПК "Альтернативные технологии", АО "Энергия" производят лишь малые партии литий-йонных аккумуляторов для нужд гособоронзаказа. Российское производство литий-йонных батарей для электромобилей "Лиотех" (Новосибирск) был открыт в 2011 г. Правда российским в них был только труд, а оборудование и сырьё было из Китая. По проекту Роснано планировалось в будущем основное сырьё — железо-фосфат лития разработать в Институте химии твёрдого тела и механохимии СО РАН, а производство освоить в Новосибирском заводе химконцентратов. Корпорация Роснано в совместное предприятие с китайской "Thunder Sky Group" инвестировала 7,5 млрд рублей. В 2014 году иностранный инвестор вышел из проекта, предприятие остановило работу, признано банкротом. Созданный на базе данного предприятия ООО "Лиотех-Инновации" продолжает поставки на российский рынок литий-йонные аккумуляторы. Его доля рынка в 2016 г. составила 2,5 %. Российский рынок литий-йонных аккумуляторов обеспечивается в основном импортными поставками. Так, в 2016 г. Россия импортировала литий-йонных аккумуляторов на сумму 71,5 млн долларов, что в 2,5 раза больше, чем в 2010 году. 62 % поставок приходилось на Китай, где расположены основные мировые мощности по производству литий-йонных аккумуляторов и других электронных устройств [8].

Сфера применения литий-йонных источников огромна. Это не только современные гаджеты и автомо-

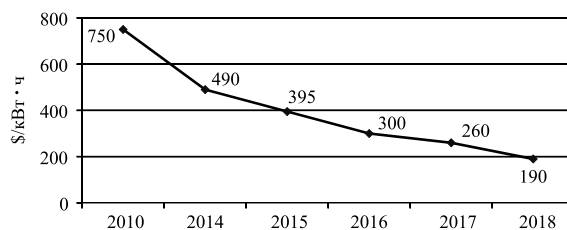


Рис. 6. Динамика удельной стоимости литий-йонных тяговых батарей

бильные аккумуляторы. На электричество можно перевести любой вид транспорта, жилищно-коммунальное хозяйство, садово-парковую технику и др. Огромную потребность в современных накопителях энергии имеют всевозможная военная техника и оборудование, в частности подводные лодки, беспилотные аппараты и др. Производство батарей — это перспективнейшая новая отрасль, которая в ближайшем будущем изменит мир. Ныне выпускаемые литий-ионные батареи как по коммерческим, так и по техническим характеристикам далеки от совершенства, плюс ко всему они небезопасны. Всё исходное сырьё для литий-ионных аккумуляторов находится в дефиците, следовательно, они дорогие. Для электротранспорта нужны крупногабаритные, высокоэнергетические аккумуляторы, и применяемые материалы для него должны быть дешёвыми. Поэтому в лабораториях по всему миру развернуты масштабные наукоёмкие исследования по усовершенствованию батарей, удешевлению их производства.

Учёные из Калифорнийского университета Боулдер передали технологию аккумулятора нового поколения компании "Солид Пауэр", которая займётся массовым выпуском новых твердотельных аккумуляторов, которые не только легче, безопаснее и дешевле, чем литий-ионные, но и имеют в 3 раза большую ёмкость. В новом аккумуляторе использован твердотельный керамический электролит, что устраняет опасность самовозгорания батареи. Кроме того, новый аккумулятор превосходит по удельной ёмкости ныне применяемые в 3 раза. Совсем скоро дорогостоящие и опасные литий-ионные аккумуляторы будут заменены твердотельными, которые не боятся ударов и могут хранить в несколько раз больший заряд. Электролиты на основе керамики сохраняют высокую проводимость при минус 20 °С, поэтому новая батарея будет хорошо работать и при низких температурах.

Учёными Кембриджского университета разработан образец литий-кислородного аккумулятора, который обладает чрезвычайно высокой плотностью энергии, эффективнее на 90 % существующих аналогов, и может выдержать более двух тысяч циклов подзарядки. В батарее использован наноструктурный углеродный электрод из графена и вещества, изменяющие химические реакции в аккумуляторе. У литий-кислородных аккумуляторов плотность хранимой энергии в 10 раз больше чем литий-ионных, что выводит их в один ряд с бензиновыми двигателями.

Проблему большой длительности процесса зарядки и нагрева батарей успешно решила компания "Пауэр Джапан Плюс". За счёт использования дешёвых углеродного анода и катода в батарее разработчикам удалось увеличить скорость зарядки батарей в 20 раз. Для примера: требуется 4 часа для полной зарядки "Ниссан Лиф", с применением же данной разработки для этого потребуется 12 минут. Новые батареи имеют такую же плотность энергии, как и литий-ионные, поэтому запас хода автомобилей не изменится. Есть и другие интересные разработки в этой сфере.

Ведутся исследования по замене дорогого и редкого лития в батареях натрием. Принцип работы натриевых аккумуляторов аналогичен литиевым — для переноса

заряда в них используются ионы металла. Основной недостаток натриевой технологии — медленная зарядка и низкие токи. Учёные компании "БродБит" удалось решить эти проблемы — их батареи заряжаются за 5 минут и имеют в 1,5–2 раза большую ёмкость. Компания сейчас перешла к этапу сертификации и постройке фабрики по производству натриевых батарей. В случае коммерческого успеха аккумуляторов "BB", рынок может переформатироваться на натриевые технологии в считанные годы.

Не за горами создание суперконденсаторов на основе графена, который имеет сверхтонкую в один атом углерода плоскую кристаллическую решётку и способен в компактном объёме накапливать огромный заряд. Компания "Санволт Энерджи" совместно с "Эдисон Пауэр" уже создали экспериментальный суперконденсатор ёмкостью 10 тыс. Фарад! Такой конденсатор идеален для применения на транспорте — он может зарядиться мгновенно, экологичен, безопасен, компактен и дешёвый. Благодаря новой технологии получения графена, сродни печати на 3D-принтере, "Санволт" обещает стоимость батарей в десять раз меньше, чем у литий-ионных технологий. Так что если аккумуляторы будут прогрессировать такими темпами, амбициозные прогнозы экспертов по замене двигателей внутреннего сгорания электрическими могут сбыться гораздо раньше, чем они предполагали.

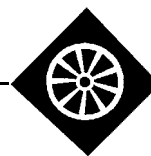
В развитии транспорта на электротяге не все гладко. Пока не решены вопросы безопасного производства компонентов электродвигателей, качества, долговечности, ёмкости и надёжности работы аккумуляторов и их утилизации.

(Продолжение — следует.)

Источники

1. Проблемы экологии и загрязнение атмосферного воздуха выхлопами газа автомобильного транспорта. URL: https://vuzlit.ru/1340135/problemy_ekologii_zagryaznenie_atmosfernogo_vozduha_vyhlopami_gaza_avtomobilnogo_transporta (дата обращения 14.06.2018 г.).
2. Европейское соглашение, касающееся работы экипажей транспортных средств, производящих международные автомобильные перевозки (ЕСТР) (Женева, 1 июля 1970 г.). URL: http://base.garant.ru/2560634/#block_6#ixzz4zLJykWeI (дата обращения 15.11.2018 г.).
3. Сидорович В. ВИЭ в 2017 выработали больше электроэнергии в ЕС, чем угольные электростанции. URL: <http://renew.ru/res-in-2017-produced-more-electricity-in-the-eu-than-coal-fired-power-plants>. (дата обращения 16.10.2018 г.).
4. Сидорович В. Миф о "грязном" электромагнито-2. URL: <http://renew.ru/the-myth-of-the-dirty-electric-car-2>. (дата обращения 10.10.2018 г.).
5. Общее количество электромобилей в мире превысило отметку 2 млн экземпляров. URL: <https://itc.ua/blogs/obshhee-kolichestvo-elektromobiley-v-mire-prevyisilo-otmetku-2-mln-ekzempliarov-iz-kotoryih-1-2-mln-chistyih-elektromobiley-i-0-8-mln-podklyuchaemyih-gibridov> (дата обращения 10.11.2018 г.).
6. Через два года количество электромобилей в мире утроится. URL: <https://hightech.plus/2018/05/31/cherez-dva-goda-kolichestvo-elektromobilei-na-dorogah-utroitsya> (дата обращения 18.10.2018 г.).
7. Четыре мифа об электромобилях и веке бензина. URL: <https://republic.ru/biz/1106503> (дата обращения 28.10.2017 г.).
8. Потребление литий-ионных батарей в России. Потребительский сектор и батареи для транспорта. виденье и перспективы. URL: <http://alexmasanov.ru/blog/litium-ion-battery-in-russia> (дата обращения 16.10.2018 г.).

*Статья поступила в редакцию 22.11.18;
одобрена после рецензирования 14.09.21;
принята к публикации 16.09.21.*



УДК 629.322.25

ФОРМИРОВАНИЕ МОДЕЛЬНОГО РЯДА СПОРТИВНО-ТУРИСТИЧЕСКИХ ВЕЛОСИПЕДОВ ХВЗ

МОСКВИН Р.К.

ООО "Инновационное машиностроение"

(avtoprom@mashin.ru)

Важной составной частью отечественной автотракторной промышленности в недавнем прошлом были мотоциклостроение и велосипедостроение... Сегодня производство велосипедов и велокомпонентов снова становится актуальным.

Ключевые слова: велосипеды спортивные, туристические, шоссейные, гоночные, модельный ряд, эволюция, детали, узлы, агрегаты, компоненты, конструирование, производство, сборка.

FORMATION OF A MODEL RANGE OF SPORTS AND TOURIST BIKES OF THE KHARKOV BICYCLE PLANT Moskvin R.K.

In the recent past, motorcycle and bicycle manufacturing were an important component of the domestic automotive industry... Today, the production of bicycles and bicycle components is again becoming relevant.

Key words: sports bicycles, touring bicycles, road racing bicycles, model range, evolution, parts, units, assemblies, components, design, production, assembly.

В обывательской среде, или иначе говоря "в народе", чрезвычайно живучи и популярны несколько противоречивых штампов в отношении любой отечественной техники — от пылесоса до ракеты. *"Всё наше скопировано с зарубежных образцов"; "одну и ту же модель выпускают десятилетиями без изменений"; "новые разработки komponуются из старых узлов от других моделей и марок"; "запчасти от других машин к моей не подходят!"* — искренне негодует потребитель. Попробуем на примере велосипеда проследить, как формировался модельный ряд на разных этапах его развития.

Вообще изготовители велосипедов появились в России ещё до революции 1917 г. В основном это были небольшие сборочные предприятия, использующие компоненты британского и германского производства. Однако были среди них и относительно крупные. Один из таких заводов, принадлежавший А.А. Лейтнеру, был в 1915 году эвакуирован из Риги в Харьков и со временем стал флагманом советского велосипедостроения. Второй велозавод с "глубокими" корнями — Пензенский завод имени Фрунзе (ПВЗ, ЗИФ), выросший из оборонного Трубочного завода; третьим был Московский велозавод — бывший "Дукс". Их довоенная продукция — сегодня большая редкость, однако в музеях и частных коллекциях она представлена. Массовая же *велосипедизация* населения страны, как и его мотоциклизация, началась лишь после Великой Оте-

чественной. Народ-победитель был достоин получить надёжные и доступные транспортные средства не только в виде трофеев из Европы, но и собственного производства.

Разумеется, без трофеев не обошлось, и это было весьма разумно: из Германии в Союз был вывезен мотовелозавод ДКВ, оборудование которого распределили между несколькими предприятиями, что дало им мощный импульс для развития. Среди них — Ковровский, Серпуховской, Ижевский и Московский мотоциклетные заводы, а также мотовелозавод в Минске. Кроме того, из Германии по репарациям поступали готовые велосипеды марки "Диамант", задние втулки типа "Торпедо" и другие компоненты.

Минский завод позаимствовал и *германскую концепцию* дорожного велосипеда: длинная база, высокая (почти вертикальная) посадка, каретка Томсона, втулка — "Торпедо". Похожие велосипеды выпускал еще Рижский завод "Саркана звайгне" (кстати, предприятие также с дореволюционными корнями, поставлявшее свою продукцию в СССР в 1930-х гг., а в 1960-х переориентированное на производство мопедов и двигателей к ним). Остальные же велозаводы во главе с Харьковским придерживались концепции *британской*. Это более короткая база; "более вертикальная" рулевая колонка; больший наклон корпуса велосипедиста вперед, с опорой на дальше и ниже расположенный руль; каретка по образцу фирмы БСА. Единственный "германский" узел, уверенно вписавшийся в эту конструкцию, — задняя втулка "Торпедо", постепенно вытеснившая британскую "Иди" и отечественную "Родина". Конструкция несомненно гениальная — простая и надёжная, завоевавшая мир в прошлом веке и не сдающая позиций в нынешнем.

Первые послевоенные модели харьковского производства, возобновившего работу в 1946 г., базировались на старых разработках. Это мужские В-17 и В-14 (последний — на 26-дюймовых шинах увеличенного профиля для эксплуатации на сельских дорогах; однако в угоду унификации от этих шин вскоре отказались), а также дамский В-22 (тоже на 26-дюймовых колёсах, позже переданный на Львовский завод, где со временем уступил место модели В-25 на 28-дюймовых). Но уже в 1948-м на ХВЗ появилась новая модель — В-110 "Прогресс", сыгравшая огромную роль в масштабах всей страны: клонированная на большинстве велосипедных производств (включая автозаводы ЗИС и ГАЗ) и послужившая донором узлов для множества других разработок.

Нетрудно заметить, что индексы "мужских" дорожных моделей начинались с единицы, а дамских — с двойки. Это предусматривалось единой номенклатурой велосипедов, централизованно внедрённой в стране (аналогично типуажу и системе обозначений автомобилей). Так, цифрой 8 обозначались подростковые велосипеды для девочек, 7 — для мальчиков, 6 — спор-

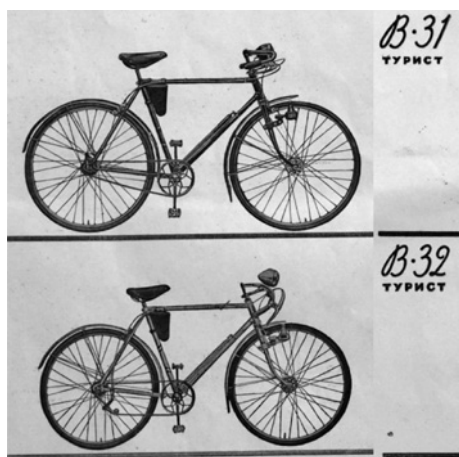


Рис. 1

тивные трековые, 5 — шоссейные, 3 и 4 — туристические мужские и женские соответственно. Девяткой обозначали различные экзотические конструкции — тандемы, цирковые, мотовелосипеды и др. Система обозначений в дальнейшем видоизменялась, но данный принцип оставался в силе.

Итак, спортивные велосипеды в конце сороковых годов уже подразделялись на три типа: туристический, шоссейный и трековый. Однако в условиях бума популярности велоспорта машин катастрофически не хватало, шоссейники часто использовались и на треке, а на шоссе и на местности проводились в отдельном зачёте гонки на простых дорожных велосипедах. Необходимо было серийное производство специализированных велосипедов достойного уровня. И делались эти конструкции, естественно, с оглядкой на лидеров именно в этом сегменте — итальянские и французские фирмы (которые предстояло "догнать и перегнать..."). Первое послевоенное поколение спортивных ХВЗ (1949 г.) включало: два "Харькова" — шоссейный В-53 и трековый В-62, а также два "Туриста" — В-31 и В-32 (рис. 1). Все они имели поначалу немало общего и по мере дальнейшего развития не только "расходились" конструктивно, но и время от времени "обменивались" усовершенствованными узлами. Например, трековая линия послужила для остальных донором педалей, туклипсов и шатунов.

Модель В-31 просуществовала лишь до 1953 г. и представляла собой упрощённую версию с единственной передачей, актуальную на время освоения производства переключателей передач в необходимых объёмах и с должным качеством. По сравнению с дорожными моделями она была легче, комплектовалась эффективными ручными тормозами и более низким рулём (типа "бабочка"). Подобные конструкции существуют и сегодня, на новом витке развития велотехники, но тогда это было лишь временным вынужденным решением (как, например, выпуск кабриолетов "Москвич" и "Победа" из-за дефицита штампуемого стального листа).

Трёхскоростной "Турист" В-32 и шоссейный В-53 имели одинаковый переключатель параллелограммного типа с единственным роликом (прозванный "костяной ногой"), конструктивно аналогичные задние втулки с

тремя звёздочками толщиной 3 мм и стандартную "дорожную" цепь, одинаковые ведущие звёзды в форме пентаграммы, но разные геометрически рамы и вилки. Колёса шоссейника (с шинами-однотрубками на алюминиевых ободах специального профиля) крепились к раме барашковыми гайками; педали имели облегчённую ажурную конструкцию и туклипсы, тогда как похожие конструктивно педали "Туриста" были оснащены катафотами и резиновыми вставками, а колёса его отличались от дорожных лишь меньшей шириной обода (стальной, типа "чайка") и размером шин (32-622).

В 1953-м шоссейный велосипед был существенно модернизирован: на В-54 вместо трёх "толстых" звёздочек появились четыре двухмиллиметровых и соответственно более узкая и лёгкая цепь. Манетка нашла

Годы	Спортивно-туристические модели		Шоссейные гоночные модели	
1949	В-31, В-32 "Турист"		В-53 "Харьков"	
1953			В-54 "Харьков"	
1955	В-33, В-41 "Турист"		В-55 "Харьков"	
1957			В-551 "Чемпион"	
1958	В-541 "Спорт"			
1961	В-34 "Спутник"			
1962			В-552 "Харьков"	
1963			В-522И "Чемпион-шоссе"	
1964	В-37 "Спутник"			
1966			В-553 "Старт-шоссе"	
1968	В-39 "Спутник"			
1970	В-542 "Спорт"		В-555 "Старт-шоссе"	
1973	В-301 "Спутник"			
1974	В-542-01 "Спорт"			
1976			155-411 "Старт-шоссе"*	
1977	153-414 "Спутник"	153-411 "Турист" "Спорт" 153-412, -413		
1983	153-421 "Турист"	153-424 "Спорт"		
1984			В-552ИМУ	
1986	153-451, -452, -453 "Турист"			
1990	153-461, -462 "Турист"		В-552И "Велосупер"	
1991			155-441 "Старт-шоссе"	
1994			155-461 "Старт-шоссе", "Спорт"	
1996	153-471, -472, -473 "Турист"			
1999	153-481, -491 "Турист"			

Примечание: * в 1979—1982 гг. выпускалась специальная олимпийская серия велосипедов "Старт-шоссе" с улучшенными характеристиками, измененными рамой и тормозами.



Рис. 2

своё место на нижней трубе рамы; тросики заднего тормоза и переключателя пропущены сквозь припаянные к раме бонки, а сам переключатель заменён телескопическим, созданным по французскому образцу ("Симплекс"). Кроме того, в трансмиссии появился, как сказали бы автомобилисты — "делитель": ведущих звёзд стало две (традиционная в то время — 48 зубьев и "повышающая" — 51), между которыми цепь перекидывал несложный переключатель с рычагом ("кочерга"). Система "шатун—звезда" была также сконструирована на французский манер и скреплялись тремя болтами ("трёхлопка"), что со временем распространилось практически на все спортивно-туристические модели ХВЗ.

В 1955 г. модернизация затронула и "Турист": на новой модели В-33 (фактически — уже на последних В-32) применили тот же "французский" переключатель телескопического типа, изменили тросики и положение манетки аналогично модели В-54. У В-33 появилась, хоть и ненадолго, дамская модификация — В-41. Внешний вид и декор велосипедов на этом этапе почти не изменялся. Шоссейные модели красили в яркие цвета (голубой, светло-зелёный и др.), туристические — в приглушенные (бежевый, тёмно-зелёный и др.); декорировали традиционными цирковками и трафаретами.

Надо сказать, модернизация серийной продукции и выпуск новых моделей в то время происходили довольно причудливым образом, что во многом объясняет те обывательские суждения, о которых говорилось выше. В каждой инструкции непременно была опубликована примерно такая фраза: "В связи с постоянным совершенствованием продукции завод-изготовитель оставляет за собой право вносить конструктивные изменения, которые могут быть не отображены в данном руководстве". При этом вносить *существенные* изменения в конструкцию и технологию стимулов было немного, и в то же время, к знаменательным датам было необходимо отчитаться о внедрении очередной *новинки*. В результате конструкция развивалась эволюционно и незаметно для публики, а в нужный момент уже накопленные (ставшие привычными) усовершенствования дополнялись изменением индекса

модели и просто новой наклейкой. То есть образцы предыдущей и новой модели могли почти не отличаться и иметь большинство взаимозаменяемых компонентов, а образцы одной и той же модели, изготовленные в начале и конце её выпуска отличаться кардинально и быть разунифицированными по множеству узлов и деталей.

Важно отметить, что после модели В-54 в эволюции случилась первая развилка.

С одной стороны, уже в 1955-м параллельно с её выпуском появился новый шоссейный велосипед В-55 (с принципиально новой конструкцией трещётки и пятью звёздочками на ней). После доводки он получил имя В-551 "Чемпион" и с 1957 г. занял место предшественника в производстве. Одна из важнейших особенностей модели — новый задний переключатель параллелограммного типа, выполненный по итальянскому образцу ("Компаньоло") — ещё более надёжный, чем французский "телескоп". Кроме того, теперь оба переключателя приводились в действие тросиками, а манетки располагались в торцах руля-барана, что стало уникальной изюминкой "Чемпиона". Для удобства быстрой смены колеса, что на шоссейных гонках случалось нередко, тормоза были дополнены несложным устройством, позволяющим мгновенно развести и свести колодки без необходимости регулировок. Изменилась геометрия рамы и конструкция рулевого стакана: на трубу напаивались ажурной конструкции узлы, что стало в дальнейшем фирменной чертой харьковских шоссеров и турингов.

С другой стороны... Четырёхскоростная втулка В-54 уступила место новой конструкции на гоночных шоссейниках, но не собиралась уходить на покой. На базе одного из вариантов этой втулки (а было их несколько) возник новый подвид велосипеда. Модель получила название В-541 "Спорт" и предназначалась *"для массового велосипедного спорта"*, заняв промежуточное положение между шоссейными и туристическими (в современной терминологии — гревел, т.е. "гравийный велосипед"). Сейчас бы это назвали новым сегментом рынка, а тогда просто разграничили целевую аудиторию. Дело в том, что "настоящий" шоссер на однотрубках хорош для соревнований и тренировок в условиях спортивной секции — при организованном техническом обслуживании, а в условиях индивидуального использования и для начинающих спортсменов довольно неудобен. Туристический же велосипед создан для путешествий и прогулок, но не позволяет велосипедисту реализовать весь свой энергетический потенциал. У него больше масса, слишком "длинные" передачи и недостаточно жёсткая рама. Поэтому и возникла идея *велосипеда-трансформера* мод. В-541.

Геометрия его рамы и качество труб были близки к шоссейным; втулки, как уже говорилось, заимствованы от предыдущей шоссейной модели и снабжены барашковыми гайками; от неё же был использован и телескопический переключатель, который со временем уступил место параллелограммному от В-551. С "Чемпионом" также были унифицированы тормоза, руль, седло и туклипсы (от трекового В-63). Но шины использовались обычной конструкции, от туристического велосипеда, под которые был специально разрабо-

тан узкий алюминиевый обод П-образного сечения. Всё это позволяло довольно энергично передвигаться по дорогам общего пользования, а в случае участия в соревнованиях колёса можно было заменить шоссейными и даже навесить "делитель" (штатная ведущая звезда — одна, 48 зубьев). Предусматривались и легко-съемные крылья. Модель В-541 выпускалась рекордно длительное время — с 1958 по 1971 г., претерпев при этом много модернизаций, утратив к концу своей конвейерной жизни гоночную геометрию и жёсткость рамы, но в то же время послужив прототипом следующему, качественно новому поколению туристических велосипедов.

Таким образом, модельный ряд теперь учитывал интересы не только велотуристов и гонщиков, но и спортсменов-любителей. Правда, ни о каком "насыщении рынка" речи тогда не шло. Гоночные велосипеды распределялись в основном централизованно по секциям и спортивным обществам, а туристические были весьма дефицитным товаром.

В 1957 г. страна запустила первый искусственный Спутник Земли. Начиналась новая эпоха: темы классово-борьбы и мировой революции в "общественном сознании" заменили научно-технический прогресс и освоение космоса... Изменился и облик велосипедов ХВЗ. К 1959 г. выпускавшийся тогда "Турист" мод. В-33 претерпел, можно сказать, рестайлинг. Во-первых, изменилась конструкция рулевого стакана, аналогично мод В-55/551. Во-вторых, на этом стакане появилась новая заводская эмблема. Алые флаги, реявшие над земным шаром уступили место голубому небу и восходящему латунному солнцу, над которым маленькой молнией чернела ласточка — символ ХВЗ. Изменились и крылья велосипеда: с них исчезли красные гребешки. Вместо мрачных бежевых тонов всё чаще применялись яркие краски.

В 1961 г. в космос полетел Юрий Гагарин. И ХВЗ выпустил новую модель туристического велосипеда В-34, получившую звонкое имя "Спутник", на которой нашли применение новый параллелограммный переключатель, тормоза и дюралевый руль с тормозными рукоятками от В-551, несколько усиленные относительно В-33 педали, а опционально — и колёса на алюминиевых ободах от В-541. Таким образом, туристический "Спутник" вполне сложился в надёжную и удобную веломашину. В последующее десятилетие его усовершенствование продолжалось, можно сказать, локально: на В-37 (1964 г.) были внедрены новые тормоза (от следующей модели шоссера), туклипсы на педалях и многоцветная отделка деколями (со "спутниковыми мотивами"), усилено слабое место рамы — точка крепления переключателя; на В-39 (1968 г., рис. 3) появился оригинальный задний багажник из прутка, алюминиевые обода стали базовыми, вновь обновился графический декор, а цветовая гамма окончательно избавилась от тёмных тонов.

Несмотря на успехи отечественной велопромышленности, популярность велосипедного спорта в 1960-е годы значительно опережала её возможности. В спортивные секции тогда наряду с шоссейными моделями вынужденно поставлялись и туристические, причём в любых комплектациях: с крыльями, багаж-



Рис. 3



Рис. 4

никами, фарами и динамками, подножками, зеркалами и прочим "балластом". Разумеется, всё это спортсменами демонтировалось и оседало в каптёрках, но добиться на туристическом велосипеде тех же результатов, которые достижимы на шоссейном, совершенно невозможно. Необходимо было наращивать выпуск гоночных моделей.

В 1962 г. конструкция шоссейного гоночного велосипеда была оптимизирована: на новой модели В-552 (рис. 4) отказались от манеток в торцах руля в пользу ранее удачно найденного их размещения на нижней трубе рамы; усовершенствовали форму ведущих звёзд и фланцы втулок, применили новые, более эффективные тормоза — с центральной тягой. Велосипед стали окрашивать лессирующими эмалями, а на подседельной трубе разместили крупную многоцветную деколь с изображением знаменитой скульптуры Е. Вучетича "Перекуём мечи на орала". Многие технические и дизайнерские решения были распространены и на другие модели. Так, В-541 тоже начали окрашивать "металликом" и на нём появилась "этикетка" с изображением монумента "Слава покорителям космоса" (рис. 5), установленного в 1962 г. в подмосковном городе Моноино, а на поздних В-39 — фирменная ласточка, лихо облетающая земной шар.

На этом этапе, помимо снижения массы, стремления к техническому и эстетическому совершенству, на первый план выступили такие факторы, как технологичность и себестоимость, играющие огромную роль при массовом производстве. Конструкция шоссера на тот момент вполне удачно сложилась, но произ-



Рис. 5

водственные возможности были на пределе. И здесь произошла вторая развилка. Модель для массового производства пришлось удешевлять и делать более технологичной. А для спорта "высших достижений" — готовить другие, в очень небольших объёмах. Так появилось понятие "спецаказ", ставшее неофициальным названием серии велосипедов индивидуального изготовления, начавшейся моделью В-522И "Чемпион-шоссе" (1963 г.). Выпускались они действительно по заказу, под каждого конкретного гонщика союзного или республиканского уровня. Конструкция — шаг за шагом уходила от исходной модели В-522. Для изготовления рам применялись лучшие из отечественных, а часто и зарубежные материалы; устанавливались любые, какие только удавалось достать, комплектующие — втулки, обода, спицы, седла, рули, алюминиевые системы с посадкой "на квадрат", переключатели, тормоза, педали, специальные метизы... Помимо самого ХВЗ в этой "нише" много сделало и отраслевое конструкторское бюро — ЦКТБ велостроения, располагавшееся рядом с Харьковским велозаводом, тесно сотрудничавшее с ним, но имевшее и своё опытное производство.

Серия же массовых шоссеиных ХВЗ, открытая моделью В-522, развивалась не столь бурно, и до предоллимпийских годов конструкция изменилась не сильно. Однако индексы моделей менялись: в 1966-м появился В-533, а в 1970-м — В-555. С этих моделей шоссеиные велосипеды стали именоваться "Старт-шоссе". На них были окончательно отработаны тормоза и переключатели. Немного усовершенствованы седла и педали.

К концу 60-х велосипеды "Спутник" В-39 и "Спорт" В-541 были признаны морально устаревшими, и им готовилась замена. Напомним, оба имели только задний переключатель и шоссеиный руль-баран, но туристический велосипед был длиннее за счёт передней и задней (цепной) вилок, а "спортивный" — короче и жёстче, соответственно предполагаемым условиям эксплуатации. Однако сохранять последнему свойства гоночного было бы слишком накладно, и его рама со временем утратила свои достоинства. Поэтому было решено сделать для новых моделей в этих сегментах единую раму, но использовать разное оборудование (рис. 6). Первым появился новый "Спорт" — В-542. По размерам его рама была близка к поздним В-541, а вилка и многие узлы напрямую от него позаимствова-

ны. Однако здесь были применены ведущие звёзды, передний переключатель и манетка от "Старт-шоссе", благодаря чему велосипед стал восьмискоростным. От шоссеиника также использовались руль на длинном выносе, кожаное седло-чепрак и стальные педали с туклипсами.

К раме, которой теперь предстояло стать универсальной, были приварены: дополнительная бонка слева для тросика переднего переключателя (В-542), крюки крепления насоса на нижней трубе и две проушины для установки щитка цепи (для обновленного "Спутника" В-301). Примечательно, что после освоения выпуска нового "Спорта" внедрять эту раму "без предупреждения" начали и на В-39, который фактически начал "превращаться" в мод. В-301. Передняя вилка оставалась прежней, длинной, сохранившейся ещё от первых "туристов", и соответственно база велосипеда — на 20 мм длиннее, чем у "Спорта" на той же раме. Однако к вилке были приварены два ушка для крепления переднего багажника, которым предполагалось оснащать В-301. С этой же целью была несколько изменена конструкция кронштейна тросика переднего тормоза.

"Спутник" В-301 начал официально выпускаться в 1973 г. Помимо перечисленных особенностей он отличался от предшественника задней втулкой с четырьмя звёздами, т.е. имел четыре передачи вместо трёх и соответственно узкую цепь. Таким образом, не только рамы, но и задние колёса в сборе моделей В-542 и В-301 были унифицированы, а передние отличались лишь шириной втулки. Остальное оборудование В-301 в целом соответствовало предшественнику В-39. Часть его тиража комплектовалась и тем же задним багажником, а вот переднего багажника в серии так и не появилось, как и высокого (дорожного) руля взамен шоссеиного.

Казалось бы, новый модельный ряд вполне сложился: четырёхскоростной туристический "Спутник", восьмискоростной быстрый "Спорт" и десятискоростной гоночный "Старт-шоссе". Однако уже в 1974-м в этот ряд ворвалась следующая новинка — десятискоростная "экспортная" модификация В-542-01. Дело в том, что к этому времени в Европе сформировался новый — "городской" тип велосипеда, которому были присущи некоторые новые особенности, и их попытались реализовать в данной конструкции.

Итак, число передач было увеличено за счёт того, что малая звёздочка теперь одновременно играла роль гайки, стягивающей блок звёздочек на ступице. Манетки — с нижней трубы перенесены на стержень руля (рис. 7), что облегчало управление передачами при вы-



Рис. 6



Рис. 7

сокой посадке (при верхнем хвате рук на руле), но потребовало использовать более длинные тросы в сплошных рубашках, закреплённые к раме специальными хомутиками. Вилка была сконструирована заново: её вылет на 10 мм длиннее, чем у В-541/542, и короче, чем у В39/301, а расстояние между перьями соответствует втулке стандартной ширины. Появились два защитных диска: на заднем колесе (от аварийного попадания переключателя в спицы) и на большей из ведущих звёзд (от попадания элементов одежды в цепь). Хромированные, с перфорацией отверстиями по кругу, в совокупности с хромированными же крыльями, — они придавали велосипеду свой индивидуальный образ, переключаясь стилистически с популярной автомобильной новинкой того времени — люксовым ВАЗ-2103. Впечатление усиливала и необычная конструкция "системы": вместо традиционной "трёхлапки" здесь применялась звезда отдалённо напоминающая спецказовские "пятилапки".

При этом данная модификация отличалась от базового В-542 более коротким выносом руля, простыми туристическими педалями и полумягким седлом, предпочтительными с точки зрения комфорта. Кроме того, у рамы была вновь изменена конструкция рулевого стакана: теперь узлы со стаканом представляли собой единую штампованную за несколько операций деталь (вместо паяной ажурной "хохломы"). Задний переключатель был использован также у новой конструкции, со штампованными элементами. То есть налицо попытка сделать новый продукт с новыми свойствами, одновременно снизив себестоимость. И это была третья развилка.

Образ нового велосипеда оказался противоречивым: несмотря на свои 10 передач, по характеру он получился туристическим, хотя и назывался "Спорт"; претендуя на флагманское положение в модельном ряду, он формально оставался лишь модификацией базовой модели. Тем не менее остальные модели начали к новой конструкции "подтягивать". Так, рама с новым рулевым стаканом и новый задний переключатель стали применяться на всех трёх моделях, а необычная пятилапая "система" и короткий вынос — прижились на базовом В-542.

Изменённые рама с вилкой от В-542-01 стали основой для следующего поколения спортивно-туристических велосипедов, выпуск которого начался в 1977 г. В это время обозначения моделей велосипедов пережили своеобразную цифровизацию: вместо двух или трёх цифр (после буквы "В") теперь модель обозначалась шестью, где первые три указывали на тип вело-

сипеда, а остальные, через дефис, — собственно модель и модификацию. Так, модернизированный "Старт-шоссе" 1976 г. получил обозначение 155-411, очередная "Украина" — 111-411, а туринги составили семейство 153-410 (рис. 8). Оно включало: восьмискоростной "Турист" мод. 411, десятискоростной "Спорт" мод. 412, четырёхскоростной "Спутник" мод. 414, а также модификацию "Спорта" — мод. 413.

Считавшийся базовым новый "Турист" (411) в целом был преемником прежнего В-542: восемь передач, кожаное седло, туклипсы. Но длинный вынос и гоночные педали больше не применялись. "Спорт" (412) — флагманская модель — отличался от "Туриста" пятью звёздочками на трещётке вместо четырёх и манетками на руле, для чего на унифицированной раме были добавлены две бонки. Модификация "Спорта" под индексом 413 была задумана как велосипед двойного назначения, с возможностью переоборудования для участия в соревнованиях, как когда-то В-541, но при такой раме она получилась гораздо хуже прототипа и серийно не выпускалась. "Спутник" (414) комплектовался единственным задним переключателем, педалями без туклипсов и полумягким седлом, как и все его предшественники.

Наиболее заметным отличием семейства "153-410" от предыдущего стали передаточные числа трансмиссии. Если прежде основной ведущей звёздой считалась 48-зубая, которую дополняла "повышающая" (51), то на обновлённом "Старт-шоссе" (155-411) подход изменился. Теперь большая звезда стала основной, а меньшая — понижающей, число зубьев которой уменьшили до 40. При этом диапазон передач был существенно расширен. Для наиболее подготовленных спортсменов предлагалась пара звёзд несколько увеличенного размера (53 и 43). Аналогичным образом были модернизированы трансмиссии и на туристическом семействе (на "Спутнике" соответственно применялась одна, большая звезда). При этом на всех моделях вернулись к конструкции с креплением звёзд на трёх болтах, но использовали хромированный перфорированный защитный диск, аналогичный мод. В-542-01.

Ведомые звёздочки на шоссейных велосипедах обычно применялись с шагом 2 или даже 1 зуб, т.е. передачи их были "короткими", обеспечивая велосипеду наилучшую динамику. Короткими были и передачи "полугоночных" моделей "Спорт": 14-16-18-20 и 14-16-18-20-22. На трёхскоростных туристических ве-

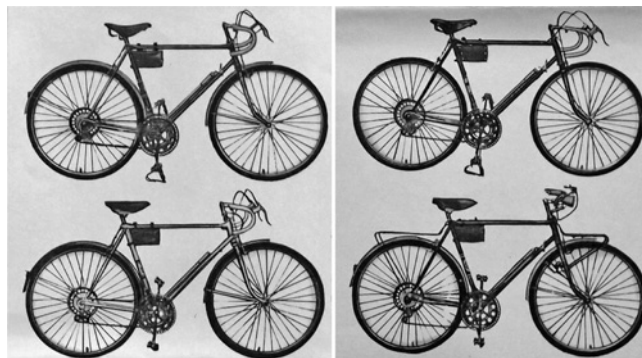


Рис. 8

лосипедах, как правило, ставились звёздочки 16-20-24, т.е. с шагом 4 зуба (длинные передачи). При этом основной была передача 20:48, звёздочка 24 служила для движения в гору, а 16 — по ровному шоссе, что для туризма считалось достаточным. Впрочем, на части велосипедов В-37, который, напомним, оборудовался спортивными туклипсами, опционально устанавливались звёздочки 16-18-20, с которыми велосипед приобретал более спринтерский характер.

С отказом от ведущей звезды 48 и переходом на 51 + 40 зубьев на велосипедах семейства "153-410" пересмотрели и набор ведомых звёзд, постаравшись раздвинуть диапазон передач максимально. Базовым вариантом стал ряд: 14-18-22-28 (его внедрили ещё на последних В-301 и В-542). Однако это решение трудно назвать удачным. Например, при переходе со звёздочки 18 на 14 усилие на педалях возрастало слишком резко, а передачей 28:40 пользоваться было просто невозможно из-за слишком высокого каденса, да и переключить с 22 на 28 (разница — 6 зубьев) удавалось далеко не всегда. На десятискоростном "Спорте" (153-412) ряд передач получился более удачным (14-17-20-24-28), но из-за низкого качества компонентов настроить механизм должным образом было возможно только при селективной сборке.

Заметим, в середине семидесятых число моделей и модификаций достигло максимума, что прослеживается и в других модельных рядах отечественных велосипедов. Таково было "требование времени". Однако в начале 1982 г. глава государства выдвинул новый лозунг: "Экономика должна быть экономной", что и привнесло к руководству специалисты ХВЗ. При следующей модернизации (1983 г.) спортивно-туристических моделей осталось всего две, причём максимально унифицированные между собой. Это "Турист" 153-421 с четырьмя передачами, двумя багажниками, полумягким седлом и рулём "дорожного" типа (его пытались внедрить на "спутниках" начиная с В-39, но в серию он попал только спустя три пятилетки) и "Спорт" 153-424 — восемь передач, кожаное седло, туклипсы и шоссейный руль-баран (прямой аналог прежнего В-542). Оба имели одинаковые рамы с новой, минималистической графикой, вилки и колёса, включая пакет звёздочек — 16-18-20-24. Диапазон передач стал уже, но ряд передач получился довольно удобным. Чёткости переключения добавили увеличенные дистанционные колечки между звёздочками. Однако, стараясь снизить себестоимость, конструкторы отказались от резьбовой фиксации звёздочек на ступице в пользу стопорного кольца, в результате чего пострадал ресурс узла. Удачно была переработана конструкция защитных дисков: они стали изящнее и легче, а задний теперь просто надевался на ступицу вместе со звёздочками (вместо крепления тремя винтами к корпусу втулки). Модель "Спорт" окончательно лишилась былой роскоши (дополнительных передач, хрома и манеток на руле, но приобрела дублирующие рычаги для торможения в верхнем хвате. Снова был изменён рулевой стакан рамы — стал совершенно гладким, а вилка заменена вновь на более длинную, но теперь — унифицированную с дорожными велосипедами ХВЗ. Старания заводчан по разработке этого "экономичного" семейства были от-

мечены дипломами на знаменитой выставке "Автопром-60 лет" в 1984 г.

Эти велосипеды выпускались до конца 80-х, когда им на смену пришли модели семейства 153-450 (все — "Турист"), на которых отказались от тормозов с центральной тягой и вернулись к тяге боковой, пересмотрели в сторону удешевления конструкцию багажников, заменили металлические защитные диски пластмассовыми, применили новое седло из пенополиуретана и вновь изменили декор. Стопорное кольцо, фиксирующее ведомые звёздочки, уступило место прежней резьбовой конструкции, и снова стали выпускаться модификации с пятью звёздочками. В 1990-х появились две пятискоростные дамские версии "Туриста", обозначенные почему-то "мужскими" индексами 153-46х: одна комплектовалась высоким рулём и двумя багажниками, вторая — шоссейным рулём и одним задним багажником. Затем мужским "Туристам" пришлось на смену семейству 153-470. Комплектация товарных велосипедов в эти годы очень часто менялась в зависимости от наличия компонентов на складах, но в целом модернизация проводилась последовательно и довольно радикально. Впервые за несколько десятилетий на туристических велосипедах внедрялись те наработки, которые были сделаны для эксклюзивных велосипедов индивидуального изготовления: алюминиевые переключатели, втулки, выносы руля, звёзды и шатуны; каретки с валом "под квадрат" (вместо клиньев), манетки более удобной конструкции и др. Правда, в серийном производстве качество этих компонентов оказалось крайне нестабильным. Подобным же образом модернизировались и гоночные шоссейные велосипеды, сменившие тогда имя "Старт-шоссе" на "Спорт".

К этому моменту сформировался оптимальный набор узлов и деталей из которых можно было собирать велосипеды в любой "конфигурации" с необходимыми потребителям свойствами и характеристиками — по модульному принципу. И действительно, число модификаций вновь выросло, что неудивительно: начался переход к рыночным отношениям, и каждый изготовитель старался как мог. Однако технологическое развитие завода (как и многих отечественных предприятий) шло крайне медленно, и качество продолжало падать всё стремительнее. К тому же при огромном неудовлетворённом спросе резко сократилась платёжеспособность населения. Впервые в истории завода возникло затоваривание, склады были забиты нереализованной продукцией.

Одновременно с этим пришла мода на "горные" велосипеды, спрос на которые покрывался ручейками белого и серого импорта. Отечественные изготовители попытались на него среагировать, но хлынувший в дальнейшем поток китайской продукции похоронил эти усилия и добил производство велосипедов остальных типов (шоссейные, туристические, дорожные...). Довольно долго отечественный рынок был заполнен велосипедами только горного типа — всех "ростов и возрастов". И лишь в последнее время торговля, опомнившись, стала предлагать шоссеры, туринги, дорожные и городские велосипеды, складные, подростковые и др.

Современный велосипед строится по модульному принципу, подобно компьютеру. Поставщики компо-

нентов, активно конкурируя между собой, добились довольно высокого и стабильного качества узлов и деталей, из которых собираются самые разные по назначению и уровню машины. Маркетологи к каждому сезону "готовят" новую "коллекцию"...

Отечественный велопром, будучи фактически частью единой корпорации, которой была страна в целом, тоже использовал модульный подход. Головное КБ, унификация узлов, общие поставщики компонентов... Но в гигантской корпорации от всех подразделений совершенно не требуется быть прибыльными и конкурентоспособными, достаточно просто выполнять некую назначенную роль, а общий положительный баланс обеспечат другие (в данном случае — сырьевые отрасли). Выход на свободный рынок для такого подразделения — задача очень непростая, связанная с большим риском. В новых условиях, не получив государственной поддержки, велосипедные заводы один за другим "посыпались", как и многие предприятия машиностроения...

Тем не менее велосипеды на территории России и ближнего зарубежья делают. Появились новые сборочные производства, перешли в такой статус и сохранились бренды "Десна" и "Кама"; на импортных комплектующих собирают велосипеды в Минске и Харькове.

Сегодня под маркой ХВЗ предлагается более 50 моделей и модификаций велосипедов на колёсах диаметром 20, 24, 26 и 28 дюймов: дорожные, подростковые, дамские, горные, городские, туринги и др. Из этого числа 19 велосипедов считаются подростковыми, 11 дорожными, а остальные можно отнести к спортивно-туристическим (разных подвидов). Однако, например, "Туристами" называются очень разные велосипеды. Это пять модификаций дорожного велосипеда модели 283 с планетарной трёхступенчатой втулкой, семь модификаций туристической модели 2821 с параллелограммным задним переключателем и "делителем" и три — модели 286 (без делителя). Кроме "Туристов" выпускаются мод. F-8711 и F-8712, ориен-



Рис. 9



Рис. 10

тированные на экспорт (всего шесть модификаций), и два велосипеда на 26-дюймовых колёсах (мод. "Эдельвейс 46"). У большинства моделей есть варианты с закрытой (мужской) и открытой ("дамской") рамами, с жёсткой и амортизированной вилками, с различными тормозами, втулками и прочим оборудованием. Компоненты — в основном зарубежного производства (не только китайские); рамы, вилки, багажники и обода изготавливаются своими силами; здесь же выполняется сборка колёс. Объёмы выпуска по сравнению с прежними — весьма скромные, сбыт налажен главным образом через интернет-магазин, однако при заводе теперь существует сервисный центр.

Конструкции велосипедов выполнены в современных "окологорных" тенденциях: рамы — сварные, из труб увеличенного сечения, верхняя труба — наклонная, шины — увеличенного профиля. То есть и дорожные, и туристические велосипеды "созданы" больше маркетологом, нежели инженером и далеко ушли от сбалансированной классики. Шоссейных гоночных или любительских, а тем более трековых в сегодняшнем ассортименте ХВЗ, к сожалению, нет совсем. Последний "Старт-шоссе" мод. 63-03 (рис. 10) на алюминиевой раме и компонентах "Шимано" давно снят с производства.

Но со временем шоссеры в модельном ряду снова появятся, ибо спрос на них растёт. Например, бешеной популярностью на вторичном рынке сегодня пользуются, независимо от модели и года выпуска, рамы "Старт-шоссе", на базе которых с использованием современных узлов люди создают лёгкие быстрые веломашинки в индивидуальном порядке. Причём явление это уже массовое. А учитывая опыт отечественных изготовителей автокомпонентов, приобретённый в ходе сотрудничества с иносфирмами и СП, можно предсказать и появление в ближайшем будущем на "постсоветском пространстве" своих велосипедных комплектующих. Разумеется, речь идёт не о возобновлении производства прежних узлов, а об освоении новых, на новом технологическом и качественном уровне. И в этом могли бы выгодно поучаствовать именно производители автокомпонентов: велосипедные узлы не очень сложны, но требуют сегодня серьёзного отношения и технологической дисциплины, что многим теперь вполне по плечу.

Источники

1. <https://krokovod.org/forum/viewtopic.php?id=26>
2. <http://usi.ua/velo/index.php?gi=3&st=46>

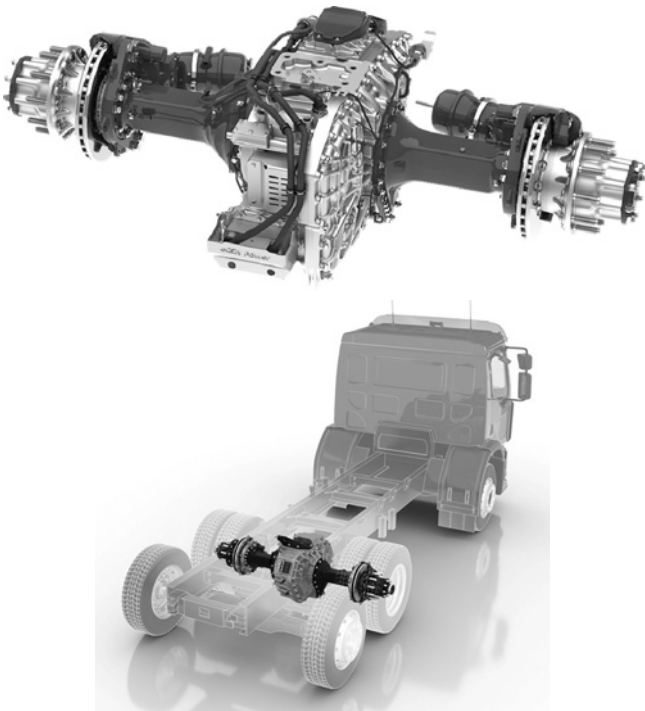


На выставке "Комтранс-2021" компания "Аллисон Трансмисшн" представила демонстрационные образцы своих решений для электрификации коммерческих транспортных средств: электрические ведущие мосты и систему гибридного привода.

Мосты семейства "Allison eGen Power" оборудованы одним или двумя высокооборотными электродвигателями и двухступенчатой коробкой передач, что устраняет необходимость использования дополнительных приводных валов и вспомогательных узлов. Конструкция электрических мостов допускает их работу в тандеме. Интегрированная конструкция мостов обеспечивает повышенную эффективность и лучшие в классе показатели номинальной мощности, в том числе благодаря встроенной системе охлаждения.

Электромост мод. "eGen Power 100D" компания впервые представила в 2020 г. Совместно с большинством ведущих автопроизводителей Северной Америки фирма продолжает проводить тщательную проверку работы электрических мостов, а при необходимости — её отладку. В этот электрический мост встроены два электродвигателя, каждый из которых способен обеспечивать более 270 л. с. (212 кВт) номинальной мощности, а их суммарная пиковая мощность достигает 881 л. с. (648 кВт).

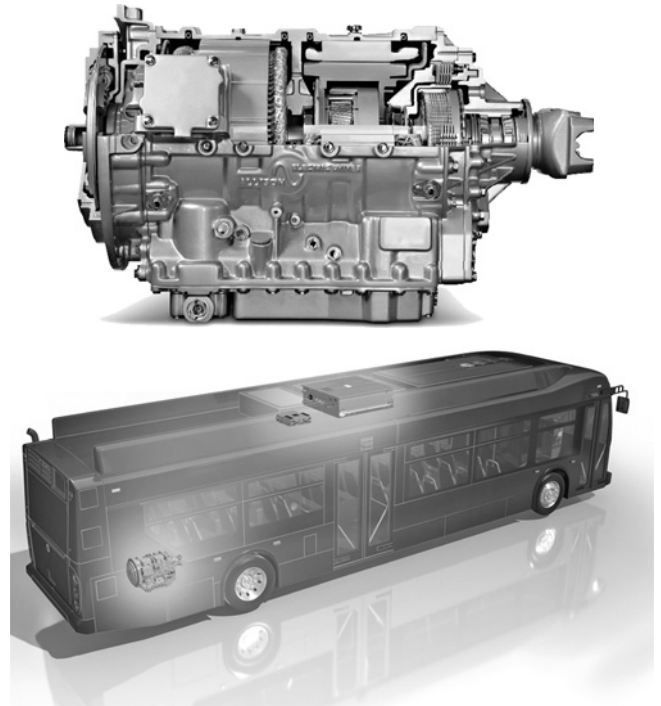
Теперь линейку мостов с двумя электродвигателями пополнила модель "eGen Power 130D" — версия моста 100D, рассчитанная на осевую нагрузку 13 т и разработанная для стран Европы и Азиатско-Тихоокеанского региона.



На московской выставке "Комтранс-2021" компания представила модель "eGen Power 100S" — первый электрический мост в данной линейке с одним электродвигателем. Мост показал высокие рабочие характеристики как на автомобилях колёсной формулы как 4×2, так и 6×4. Номинальная мощность электродвигателя — 288 л. с. (212 кВт), пиковая — 440 л. с. (324 кВт), крутящий момент — 23 500 Н·м. Максимальная нагрузка на ось составляет 10,4 т. Новинка оснащена двухступенчатым редуктором. Система обладает функцией рекуперативного торможения, при котором тормозной момент составляет 100 % от момента двигателя.

Электрические мосты данного семейства могут быть скомпонованы в стандартную конструкцию рамы большинства коммерческих автомобилей. Это законченный и готовый к монтажу узел, установка которого может быть легко включена в традиционный процесс сборки автомобиля.

Система гибридного привода "eGen Flex" включает инновационный приводной блок, инвертор и перезаряжаемую систему накопления электроэнергии. Приводной блок оснащён муфтой, позволяющей разрывать механическое соединение с двигателем внутреннего сгорания. Новые решения позволили создать компактный и лёгкий инвертор. Теперь в качестве теплоносителя его системы охлаждения используется водный раствор этиленгликоля, что исключает необходимость в масляных магистралях, упрощает установку, снижает затраты на техническое обслуживание и сокращает простои. Система накопления электроэнергии создана на основе современных литийтитанатных (LTO) батарей, способных обеспечить высокую плотность энергии, быструю перезарядку и увеличенный запас хода. Привод "eGen Flex" позволяет воспользоваться преимуществами электротранспорта без дополнительных капитальных вложений в инфраструктуру.



Гибридный привод от "Аллисон" позволяет автобусу двигаться с отключённым двигателем, исключительно на электротяге, сохраняя при этом питание вспомогательного оборудования, благодаря чему появляется возможность осуществлять перевозки в зонах с установленным запретом на выброс вредных веществ. Использование системы позволит паркам общественного транспорта оценить работу на электротяге и определить необходимый запас хода, сохранив при этом возможность задействовать дизельный двигатель в случаях изменения протяжённости маршрутов, образования заторов на пути или при невозможности зарядить аккумуляторные батареи.

Демонстрационные образцы электрического моста и системы гибридного привода вызвали неподдельный интерес со стороны посетителей выставки "Комтранс-2021", что внушает оптимизм относительно их перспектив на российском рынке.

Указатель статей, опубликованных в 2021 г.

№	№
ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА	
Азаров В.К., Васильев А.В., Кутенёв В.Ф. — О разработке нового транспортного налога	9
Касьянов С.В., Ямалиева Р.А. — От разработки стандартизованной технологической документации к подготовке и применению комплекса информационно-технологического сопровождения для управления качеством	4
Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Благовещенский Д.И., Панюков Д.И. — Оценка потребительской ценности качества продукции автомобилестроения	8
Козловский В.Н., Благовещенский Д.И., Гафаров Р.Р., Шахов Н.Р. — Инструменты управления качеством при проектировании новой автомобильной техники	5, 7
Козловский В.Н., Благовещенский Д.И., Клейменов С.И., Шахов Н.Р. — Управление качеством в эпоху цифровой трансформации	2
Козловский В.Н., Благовещенский Д.И., Айдаров Д.В., Шахов Н.Р. — Организация и управление комплексными мероприятиями по улучшению качества продукции и услуг в автомобилестроении	10
Ларцева Т.А., Катанаева М.А., Алексашина О.В. — Применение риск-ориентированного подхода при планировании внутреннего аудита системы менеджмента качества организации	3
Ларцева Т.А., Катанаева М.А., Стоева Н.И. — Менеджмент рисков процесса внутреннего аудита СМК	1
Фархутдинов И.И., Исавнин А.Г. — Оценка целесообразности применения производственных моделей сорсинга на основе искусственной нейронной сети	11
Фархутдинов И.И., Исавнин А.Г. — Экономический эффект от оптимизации машиностроительного предприятия посредством применения сорсинговой комбинации	6
Чириканова Е.А. — Утилизационный сбор как элемент стоимости автотранспортных средств	6
Швеёв И.А., Швеёва Е.И. — Цифровая трансформация в автомобильной промышленности	12
Ямалиева Р.А., Касьянов С.В. — Необеспеченность информацией для управления качеством в многооперационном техпроцессе по требованиям IATF 16949—16	1
АСМ-факты	1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 9, 10, 11, 12
КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	
Байбакова А.А. — Расчёт работы буксования автомобильного сцепления	1
Балабин И.В., Лямин М.С. Напряжённо-деформированное состояние колёсного обода и его оптимизация	12
Балабин И.В., Чабунин И.С. — Углы наклона колёс, их влияние на устойчивость мобильной машины	11
Балакина Е.В., Кочетов М.С., Сарбаев Д.С., Сергиенко И.В. — Углы наклона колёс, анализ их взаимосвязей со свойствами шин и эксплуатационными свойствами автомобиля	9
Балакина Е.В., Кочетов М.С., Сарбаев Д.С., Сергиенко И.В. — Углы наклона колёс. Оценка влияния на устойчивость автомобиля по поперечному скольжению и поперечному опрокидыванию	10
Балакина Е.В., Сергиенко И.В. — Колёса разного радиуса на разных осях автомобиля	7
Белоусов Б.Н., Бердников А.А., Люшин С.А. — Мехатронные системы — ближайший путь повышения эксплуатационных свойств тяжёлых автопоездов	1
Биксалеев Р.Ш., Маликов Р.Р., Климов А.В., Бурганов Р.М. — Исследование потоков воздуха при движении электробуса	6
Волков Е.В. — Теория экстренного торможения автомобиля	8
Гируцкий О.И., Фисенко И.А., Родченков Д.А. — Исследование возможности автоматизации трансмиссии грузового автомобиля	8
Гладов Г.И., Бутарович Д.О. — Устойчивость движения многозвенных автопоездов при торможении	3
Гладов Г.И., Лебедев Д.Р. — Кинематика поворота длиннобазного сочленённого автопоезда	7
Денисов Д.М., Иванов М.Ю., Омаров А.Н. — Динамика процессов в гидротрансформаторе	10
Дзоценидзе Т.Д. — Новая транспортно-тяговая машина класса 8,0 т по проекту "Табун" на базе компонентов отечественного производства	4
Дзоценидзе Т.Д. — Новый массовый грузовой автомобиль повышенной проходимости по проекту "БАЗИС" на агрегатах отечественного производства	3
Девянин С.Н., Марков В.А., Бижаев А.В., Денисов А.Д. — Подача воды в цилиндры дизеля и показатели токсичности его отработавших газов	4, 5
Девянин С.Н., Шабанов А.В., Савастенко А.А. — Проблемы развития электропривода АТС	12
Долотов А.А., Шеховцов В.В., Ляшенко М.В., Потапов П.В., Искалиев А.И., Годжаев З.А. — Распределение уровней шума агрегатов автомобилей семейства ГАЗ-3110	4
Дубровин И.Р., Дубровин Е.Р. — Эколого-экономический аспект эксплуатации турбонадувных ДВС	6

№	№
<p>Зимов Р.В., Микаева С.А. — Кинематика рулевой системы гоночного спортпрототипа 2</p> <p>Зуев С.М., Коноплин Н.А., Малеев Р.А., Широков П.С. — Оптимизация системы повышения напряжения бортовой сети автомобиля 9</p> <p>Климов А.В., Чиркин В.Г., Тишин А.М. — О некоторых конструктивных особенностях и видах транспортных тяговых электрических двигателей 7</p> <p>Коптилов В.И. — О новой теории качения эластичного колеса и методах её построения 2</p> <p>Коробко Д.Д., Микаева С.А. — Оптимизация профиля крыла гоночного автомобиля методом градиентного спуска 10</p> <p>Корчагин В.А., Ризаева Ю.Н., Сливинский Е.В. — К вопросу модернизации тягово-сцепных устройств легковесных автопоездов 8</p> <p>Кульминский А.Ф. — Четырёхместовый лесотранспортный автомобиль для Республики Коми 9</p> <p>Малеев Р.А., Зуев С.М., Шматков Ю.М., Лавриков А.А., Ханджалов М.Ю., Заоуи Ш. — Нетрадиционные источники тока на подвижных объектах 5</p> <p>Маликов Р.Р., Биксалеев Р.Ш., Климов А.В., Карпухин К.Е. — Влияние солнечной радиации на накопители энергии электрифицированного транспортного средства 8</p> <p>Малиновский М.П. — Основные положения теории геометрического увода 1</p> <p>Малиновский М.П. — "Отскок подвески" и прогнозирующие свойства системы динамической стабилизации автопоезда 12</p> <p>Павлов А.А., Ватагин А.А., Лебедев Д.В., Лебедев А.Е. — Автомобильный предпусковой подогреватель 10</p> <p>Песков В.И. — Колёсная машина на экстремальном подъёме 12</p> <p>Пожидаев С.П. — Ещё раз о зависимости общего сопротивления движению АТС от высоты приложения силы сопротивления воздуха 2</p> <p>Пожидаев С.П. — О теории качения и пятом колесе телеги 6, 7</p> <p>Попов С.Д. — Опыт разработки крупногабаритных арочных шин для многоосных колёсных шасси 1</p> <p>Рогожкин В.М., Ушаков Н.А., Ушаков А.Н. — Метод защиты гидросистем автотранспортных средств от аварийных потерь гидрожидкости 3</p> <p>Рябинский А.И., Грачёва О.А., Мельников О.В. — Повышение безопасности междугородних автобусов 2</p> <p>Рязанцев В.А. — Стратегия развития систем управления шасси автономного транспортного средства 5</p>	<p>Савельев В.А. — Непреднамеренное силовое воздействие на ведущие колёса переднеприводного автомобиля при резком ускорении 11</p> <p>Сазонов И.С., Билык О.В., Геращенко В.В. — Моделирование режима экстренного торможения легкового автомобиля 6</p> <p>Сижук В.И., Уфимцев С.А. — Малогабаритный глушитель-разделитель газов 11</p> <p>Сливинский Е.В. — Перспективное защитное противударное устройство для большегрузных автопоездов 5</p> <p>Сливинский Е.В. — Перспективное тягово-сцепное устройство для легковесных автопоездов 2</p> <p>Тарасик В.П., Пузанова О.В. — Методика определения энергетических параметров и характеристик электроавтомобиля 1</p> <p>Тарасик В.П., Пузанова О.В. — Определение энергетических параметров и характеристик движения гибридного карьерного самосвала 4</p> <p>Тарасик В.П., Пузанова О.В. — Управление фрикционными гидромеханической передачи 9</p> <p>Тарасик В.П., Романович Ю.С. — Управление фрикционными планетарной коробки передач карьерного самосвала 11</p> <p>Черепанов Л.А., Гордеев Д.А. — Методика снижения ударной нагрузки на кузов автомобиля при проезде единичной неровности за счёт совершенствования характеристик буфера отбоя амортизатора 3</p> <p>Шабанов А.В., Кондратьев Д.В., Ванин В.К., Дунин А.Ю. — К снижению экологического воздействия автотранспорта на воздушное пространство автострад 4</p> <p>Шипилевский Г.Б. — Алгоритмическое содержание системы активного торможения машин 7</p> <p>Шипилевский Г.Б. — Задача автоматического управления распределением мощности по осям многоосной колёсной машины и методические принципы её решения 10</p> <p>ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС</p> <p>Ахмедов З.С. — Роль кластеров в развитии транспортной логистики в Республике Узбекистан 6</p> <p>Винокуров Г.Г., Буслаева И.И., Левин А.И. — Воздействие состояния дорог криолитозоны на колебания и повреждения подвески автомобиля 4</p> <p>Дубовик Е.А. — Использование сварки (наплавки) в среде углекислого газа при ремонте автомобилей. Технология и материалы 12</p> <p>Кисуленко Б.В. — Реализация Венского соглашения 1997 г. о периодических технических осмотрах автомобилей в России и в ЕАЭС 9</p>

Комаров В.В., Андрианов Ю.В. — Нормативное правовое регулирование отношений, возникающих при обращении высокоавтоматизированных транспортных средств на территории Российской Федерации	11
Мамедов А.Ш. — Математическое моделирование скоростного режима автотранспортных средств на линии	4
Мамедов А.Ш. — Опасные дорожно-транспортные ситуации	6
Павлишин С.Г., Жевтун Д.А., Бянкин А.А. — Совершенствование организации работы операторов технического осмотра транспортных средств	5
Рагимов Э.А. — Роль надёжности водителя в безопасности дорожного движения	1
Разговоров К.И. — Повышение эффективности системы автотехобслуживания	3
Разговоров К.И. — Транспортно-трасологическая экспертиза	10
Разговоров К.И. — Экспертиза и оценка стоимости восстановительного ремонта автотранспортных средств	8
Сагды О.Б., Катаргин В.Н., Михеев А.С., Олешкевич А.Н. — Оценка влияния гендерной революции на процессы автомобильного сервиса	7
Топалиди В.А., Фатхулаев С.А., Камалов Д.А., Аллаберганов С.Я. — Транспортное обеспечение логистики	2

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Булавин И.А., Васильев А.Н., Самойлова А.С., Чувилин Е.Е., Бурмистров М.И. — Конструкторско-технологическое обеспечение качества сборки редукторов ведущих мостов транспортных средств	2, 3
Васильев А.Н., Булавин И.А., Чувилин Е.Е. — Повышение качества сборки подшипниковых узлов на основе адаптивного управления процессом регулирования преднатяга подшипников	9
Гергенов С.М., Федотов А.И. — Шинный тестер для исследования процессов бокового увода эластичных шин	5
Годжаев З.А., Шеховцов В.В., Ляшенко М.В., Мерляк В.К., Филиппов Н.В. — Нагружающие устройства испытательных стендов мобильных транспортно-технологических машин	8
Дубовик Е.А. — Восстановление гильз цилиндров пластинированием	6
Дубовик Е.А. — Для реновации полуоси автомобиля ВАЗ-2107	10
Хостиков М.З., Тимирязев В.А. — Свойства материалов, приобретённые обработкой накатыванием	5

Швеёв И.А., Швеёва Е.И. — Повышение износостойкости детали толкателя клапана методом управления структурным состоянием наплавленного слоя	2
--	---

Швеёв И.А., Швеёва Е.И. — Моделирование посадочной схемы водителя и пассажиров автотранспортного средства посредством системы "Siemens NX"	11
---	----

ИНФОРМАЦИЯ

Калмыков Ю.П. — Информатизация институтов социального страхования	9
Москвин Р.К. — Формирование модельного ряда спортивно-туристических велосипедов ХВЗ	12
Фасхиев Х.А. — Переход на альтернативные виды топлива и автопилот как стратегические направления развития автотранспорта	12
Чайков М.Ю. — Оптимизация оформления общеизвестных товарных знаков	4
"Комтранс-2021"	10

Коротко о разном	2, 3, 11, 12
----------------------------	--------------

За рубежом

Маслов А.А., Сазонов С.Л. — Китайский автопром уверенно входит в ХГУ пятилетку	7
Сазонов С.Л., Ван Цзинвэй — Технологии мобильной связи формата 5G ускоряют развитие беспилотного вождения в Китае	1
Сазонов С.Л., Ван Цзинвэй — Китай: развитие высоких технологий в области автономного вождения	10, 11
"Даймлер КамАЗ Рус" в 2020 г.	5
ИВЕКО на российском рынке. Новое поколение автомобилей "Дейли"	6
Итоги 2020 г. подвела компания "МАН Трак энд Бас РУС"	3
"Киа" в России	6

Юбилеи

О.И. Гируцкому — 80 лет	1
З.А. Годжаеву — 70 лет	9

Некрологи

Ушёл из жизни Н.И. Бех	4
Е.А. Башинджагян, 1924—2021	3
В.И. Сальников, 1937—1920	2
Памяти Г.И. Гладова	11

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Швеёв И.А., Швеёва Е.И. — Цифровая трансформация в автомобильной промышленности 1
- АСМ-факты 3

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- Девянин С.Н., Шабанов А.В., Савастенко А.А. — Проблемы развития электропривода АТС 4
- Песков В.И. — Колёсная машина на экстремальном подъёме 7
- Балабин И.В., Лямин М.С. — Напряжённо-деформированное состояние колёсного обода и его оптимизация 10
- Малиновский М.П. — "Отскок подвески" и прогнозирующие свойства системы динамической стабилизации автопоезда 12

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

- Дубовик Е.А. — Использование сварки (наплавки) в среде углекислого газа при ремонте автомобилей. Технология и материалы 17

ИНФОРМАЦИЯ

- Фасхиев Х.А. — Переход на альтернативные виды топлива и автопилот как стратегические направления развития автотранспорта 20
- Из истории отечественного автомобилестроения
- Москвин Р.К. — Формирование модельного ряда спортивно-туристических велосипедов ХВЗ 28
- Коротко о разном 36
- Указатель статей, опубликованных в 2021 г. 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 "Руссаен"
- 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
- Бурьян В.А.** — главный конструктор ОАО "МЗКТ"
- Кухаренок Г.М.** — д-р техн. наук, профессор БНТУ
- Лустенков М.Е.** — д-р техн. наук, проф., ректор Белорусско-Российского университета (Могилёв)
- Мариёв П.Л.** — д-р техн. наук, директор НТЦ "Карьерная техника" ОИМ НАН Беларуси
- Рынкевич С.А.** — д-р техн. наук, БНТУ (Минск)
- Степук О.Г.** — генеральный конструктор — начальник НТЦ ОАО "БелАЗ"
- Харитончик С.В.** — д-р техн. наук, ректор БНТУ (Минск)

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Руссаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*

Корректор *Сажина Л.И.*

Сдано в набор 26.11.2021. Подписано в печать 15.12.2021.

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

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

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.