

У Ч Р Е Д И Т Е Л И :

МИНИСТЕРСТВО ПРОМЫШЛЕННОСТИ,
науки и технологий РФ,
ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

№ 7 • июль • 2021

Уважаемые друзья, коллеги!

1 июля (14-го по старому стилю) 1896 года на XVI Всероссийской промышленной и художественной выставке в Нижнем Новгороде был продемонстрирован первый в России самодвижущейся экипаж, созданный двумя талантливыми русскими инженерами Е.А. Яковлевым и П.Ф. Фрезе. Этот автомобиль ознаменовал начало развития в России нового вида промышленного производства — автомобильной промышленности.

За последующие 10 лет в стране было создано более 10 предприятий по производству автомобильной техники. В 1915 году Правительством России было принято решение о строительстве шести специализированных автомобильных заводов, самым значимым из которых был, запущенный в 1916 году братьями Рябушинскими в Москве завод АМО.

Новый этап развития российского автомобилестроения начался в 1918 году с создания научно-исследовательской автомобильной лаборатории. Её основали энтузиасты автомобильного дела Н.Р. Брилинг и Е.А. Чудаков. Теоретические основы автомобильной науки, заложенные академиком Е.А. Чудаковым, и сегодня составляют основу проектирования автомобильной техники.

Автомобильная промышленность развивалась вместе со страной, являясь важной составляющей индустриализации народного хозяйства СССР. Ввод в строй в 1932 г. Горьковского автомобильного завода, расширение производственных мощностей Московского автомобильного завода ЗИС, массовое строительство предприятий в смежных отраслях промышленности позволили руководству страны в 1933 г. объявить миру: "У нас не было автомобильной промышленности. У нас она теперь есть".

В годы Великой Отечественной войны эвакуированные за Волгу и Урал автомобильные заводы в тяжелейших условиях не только обеспечивали армию и тыл автомобилями и бронетехникой, но и осваивали новые конструкции.

После окончания войны новые автомобильные заводы были построены в Белоруссии, Украине, Киргизии, Грузии, Армении. Создавались и новые производства автомобильных компонентов; в ВУЗах страны открывались автомобильные факультеты.

Качественным скачком в развитии автомобильной промышленности во второй половине XX века явилось строительство заводов-гигантов "АвтоВАЗ" в Тольятти и "КамАЗ" в Набережных Челнах. Новое развитие получили смежные отрасли. Был построен не один десяток заводов по производству автокомпонентов и материалов.

Тяжёлыми для автомобильной промышленности России были последние годы прошлого столетия. Но мы выжили! И сегодня российская автомобильная промышленность входит в ТОП 10 наиболее развитых нацио-



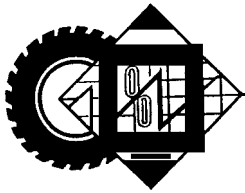
нальных автомобильных отраслей мира. У нас появилась стратегия развития отрасли, одобренная Правительством Российской Федерации. Мы добились ощутимого роста производства автомобилей и увеличения их продаж.

Сегодня в сфере производства автомобилей в России занято 278 тысяч человек и более 2 миллионов человек работает в смежных отраслях промышленности. Консолидированный вклад автомобильной промышленности и смежных производств в ВВП страны составил в 2019 году 5,8 %. Как результат, парк автомобилей в стране превысил 54 млн единиц. В нём растёт доля машин, отвечающих высоким нормам по экологии и общей безопасности. В Москве, например, на городских маршрутах эксплуатируются уже более 400 электробусов — это лучший показатель среди крупных европейских городов.

Мы не снижаем темпов работ по созданию автомобильной техники с высокой степенью автоматизации, разработке нормативно-правовой базы и формированию инфраструктуры для её безопасной эксплуатации. В центре нашего внимания также вопросы технического регулирования и стандартизации, таможенного законодательства. Повышения конкурентоспособности продукции отрасли, экономической безопасности, информационной политики, рынка труда и государственной поддержки экспорта. Отдавая себе отчёт в необходимости преодоления реальных трудностей, с которыми столкнулась страна в условиях пандемии Covid-19, мы с оптимизмом смотрим на достижение позитивных результатов уже в ближайшем будущем.

От имени Ассоциации "Объединение автопроизводителей России" поздравляю работников автомобильной промышленности России, работников смежных отраслей со 125-летием российского автопрома. желаю здоровья и новых успехов!

*Председатель Совета Ассоциации
"Объединение автопроизводителей России"
С.А. Когогин*



УДК 629.113:339.137.2

ИНСТРУМЕНТЫ УПРАВЛЕНИЯ КАЧЕСТВОМ ПРИ ПРОЕКТИРОВАНИИ НОВОЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ*

Д-р техн. наук **КОЗЛОВСКИЙ В.Н.**, канд. техн. наук **БЛАГОВЕЩЕНСКИЙ Д.И.**,
ГАФАРОВ Р.Р., **ШАХОВ Н.Р.**
Самарский ГТУ, Тульский ЦСМ (846 278-44-60)

Представлены результаты разработки и реализации инструментов управления качеством в процессе проектирования новых автомобилей.

Ключевые слова: качество, автомобильная промышленность, проектирование.

Kozlovskiy V.N., Blagoveshchensky D.I., Gafarov R.R., Shakhov N.R. TOOLS QUALITY MANAGEMENT IN THE DESIGN OF NEW AUTOMOTIVE EQUIPMENT

The article presents the results of the development and implementation of quality management tools in the process of designing new cars.

Keywords: quality, automotive industry, design.

Отдельным вопросом, требующим существенного внимания при проектировании новых автомобилей, является анализ жалоб потребителей, а также исследование так называемых блокирующих дефектов по унифицированной номенклатуре автомобильных компонентов. Блокирующие дефекты — это те дефекты, при возникновении которых происходит обездвиживание автомобиля или невозможность его эксплуатации по параметрам безопасности. Именно такого рода дефекты в потребительской среде формируют наиболее острые оценки неудовлетворённости и обрушивают клиентскую лояльность. На рис. 14 представлена диаграмма, раскрывающая некоторые проблемные вопросы заимствованных узлов и агрегатов серийно выпускаемых автомобилей, имеющих прицел для установки на новых проектах автомобилей. Для измерения уровня удовлетворённости потребителей по результатам возникновения про-

блем качества используется индекс, отражающий уровень жалоб потребителей, приведённый к 1000 автомобилей (E). На рисунке представлена количественно-качественная информация, отражающая как описание проблем, так и количественный индекс, отражающий уровень жалоб потребителей. Причём представлена информация по серийным автомобилям, соответствующая данным рис. 1, а также проведено сравнение собственной продукции с продукцией конкурентов (Бенчмарк).

Ещё один инструмент исследования качества проектируемой продукции — сравнение среднего количества дефектов по унифицированной номенклатуре комплектующих выпускаемых и новых автомобилей по сегментам, определяющим значимость соответствующих дефектов в эксплуатации. На диаграмме, представленной на рис. 15, среднее количество проблем разделено на пять зон. Первые две зоны (A , B) — это критические зоны качества продукта. Возникновение соответствующих этим зонам дефектов приводит к потере свойств безопасности и обездвиживанию АТС. Возникно-

вание проблемы в зоне C приводит к серьёзному беспокойству со стороны потребителей. Если на автомобиле возникает проблема, соответствующая зоне C , то потребитель обязательно составит жалобу.

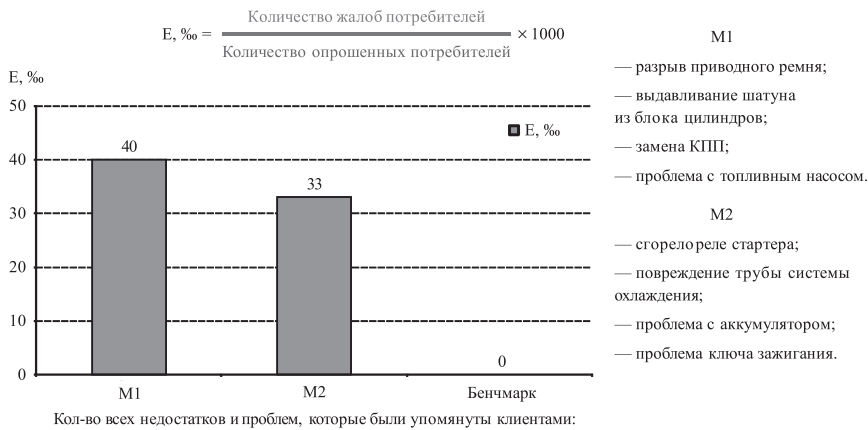
Также на рисунке представлен значительный объём важной качественной информации, характеризующей конкретные проблемы, возникающие на серийно выпускаемых автомобилях в разрезе унифицированной номенклатуры комплектующих изделий. Важным элементом рассматриваемого инструмента является возможность сравнения собственной продукции с продукцией конкурентов (Бенчмарк).

Выявление номенклатуры дефектов, которая наиболее существенным образом влияет на повышение индекса уровня дефектности, является значимой задачей, претворяющей процесс модернизации конструкций комплектующих изделий, которые устанавливаются как на серийных образцах, так и в перспективе будут устанавливаться на новых проектах автомобилей. Именно поэтому в представленной работе рассмотрим пример решения задачи, связанной с модернизацией автомобильного компонента, как часть процесса, связанного с решением проблем качества новой продукции при проектировании.

Одной из значимых проблем серийно выпускаемых автомобилей марок М1 и М2 являются дефекты рулевого механизма (рис. 16). Причём унифицированная конструкция рулевого механизма была запланирована к применению в новой модели автомобилей рассматриваемого автопроизводителя. Таким образом, актуализируется задача, связанная с улучшением качества узла. С этой целью на предприятии формируется проектная межфункциональная группа экспертов, в которую входят специалисты служб качества и проектирования продук-

* Окончание. Начало — см. АП, 2021, № 5.

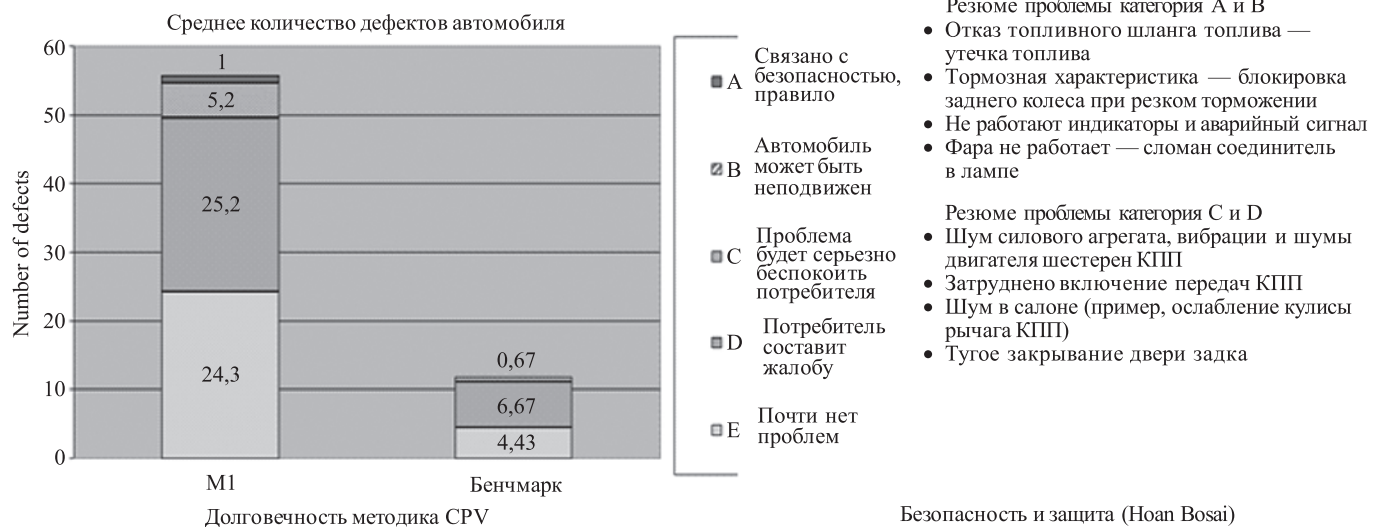
Блокирующие неисправности



Итог по основным недостаткам и проблемам авт. E, % > 100

Классификация	E %
акустические проблемы	627
управление	637
функционирование замков	853
шумы в кузове	324
отсутствие герметичности — быстрое загрязнение	157
комфорт — удобство в управлении — торможение	255
здесь же относится шум подвески	147

Рис. 14. Диаграмма анализа уровня удовлетворённости потребителей качеством автомобилей в эксплуатации



Резюме проблемы

Отказы комплектующих изделий

- Топливный насос — Отказ
- Передний лев. электростеклоподъемник двери — Отказ

Дефекты собственного производства

- Отказ трансмиссии
- Гайка приводного вала передняя левая, потеря первоначального момента затяжки
- Герметик для задних окон, проникновение воды

Резюме проблемы

Вредные контакты

- Жгут контроля дроссельного клапана контакт с крышкой вентилятора двигателя
- Трубка тормоза контакт с топливным шлангом
- Трубка тормоза контакт с полкой аккумуляторной батареи (острый край)
- Шланги охлаждения контакт с крышкой двигателя

Рис. 15. Диаграмма сравнения среднего количества дефектов на автомобилях по зонам значимости

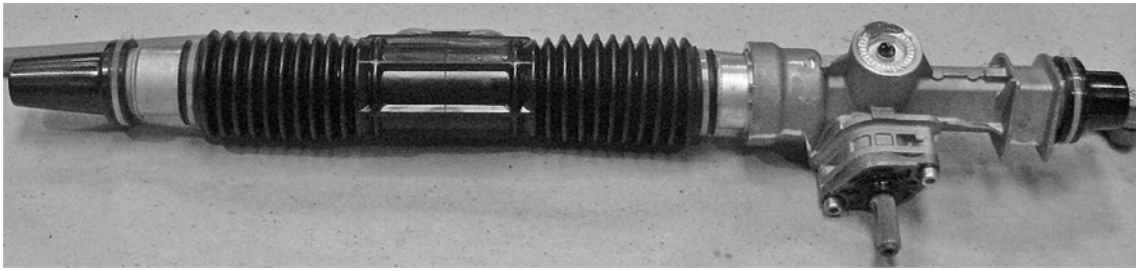


Рис. 16. Рулевой механизм

ная машина для контроля параметров шестерни; 3) недостаточное обеспечение процесса производства щётками для полировки профиля рейки. На основании анализа и работы с диаграммой экспертная группа определяет основные проблемные зоны в конструкции рулевого механизма, которые представлены на рис. 18.

Далее, на рис. 19 показаны, в качестве примера, результаты работы по разработке первичных мероприятий, направленных на улучшение качества рулевого механизма, исходя из вскрытых ключевых про-

блем. Мероприятия охватывают деятельность подразделений: ДТР — дирекция технического развития; ДОПО — дирекция по организации продаж и послепродажного обслуживания автомобилей; МСП — механосборочное производство; ИП — инструментальное производство.

Прогноз по сокращению уровня дефектности по рассматриваемой проблеме качества рулевого механизма до целевого уровня, определённого как 0,5 дефектов на 1000 автомобилей в первые три месяца эксплуатации, представлен на рис. 20.

И, наконец, на рис. 21 показаны результаты анализа экономических показателей, отражающих эффективность предпринятых действий по решению важной проблемы качества, влияющей на серийно выпускаемую продукцию, а также имеющую негативные перспективы при установке на новый проект автомобиля. На представленной диаграмме показано сокращение затрат на устранение дефектов рулевого механизма автомобилей в период гарантийной эксплуатации на предприятиях сервисно-сбытовой сети в сравнении с базовым периодом времени.

Диаграмма причинно-следственных связей несоответствия

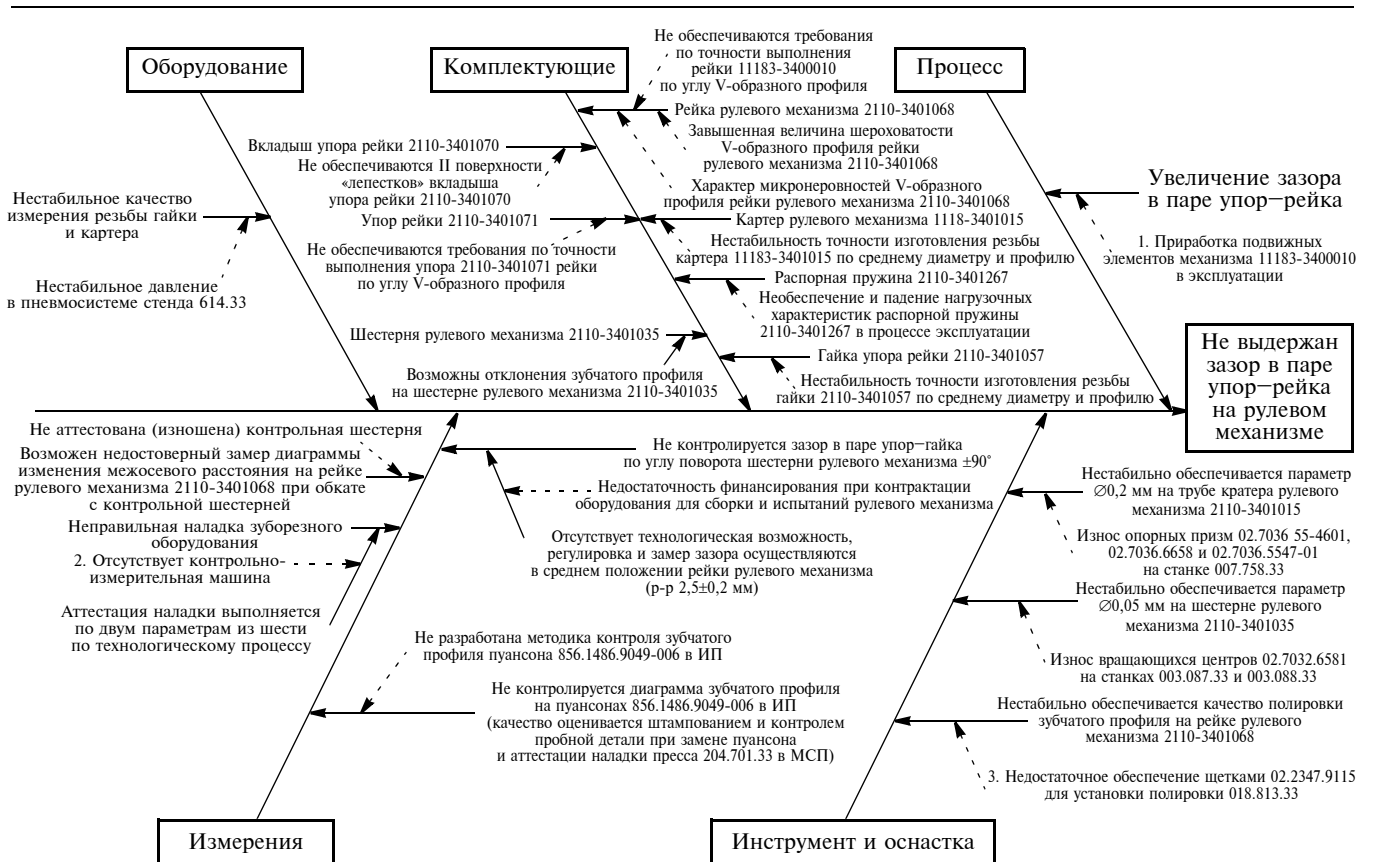


Рис. 17. Причинно-следственная диаграмма Исикавы по проблеме качества рулевого механизма

Таким образом, в представленной работе, на основе анализа деятельности ведущих отечественных предприятий автопроизводителей, проведён системный анализ проблем, возникающих в процессе проектирования новых автомобилей. Предложен формализованный комплекс мероприятий, составляющий основу программы улучшения процесса проектирования автосборочного предприятия, который также применим и на предприятиях машиностроительной отрасли.

В работе рассмотрены ключевые аспекты, связанные с мониторингом и прогнозированием качества проектируемых автомобилей на основе использования данных из эксплуатации по унифицированной базе автокомпонентов, применяемых в текущем производстве при изготовлении серийно выпускаемых автомобилей, а также предусмотренных для применения в производстве перспективных проектов разрабатываемых автомобилей. На основе анализа устойчивой практики автомобильного производства, сформирован порядок организации работы по повышению качества продукции на этапе проектирования новых проектов автомобилей, охватывающий следующие виды деятельности: аналитика определения объёма оригинальных и заимствованных изделий для нового проекта автомобилей; прогнозирование целевых показателей качества по оригинальным и заимствованным изделиям; определение номенклатуры ТОП-дефектов, которая составляет уни-

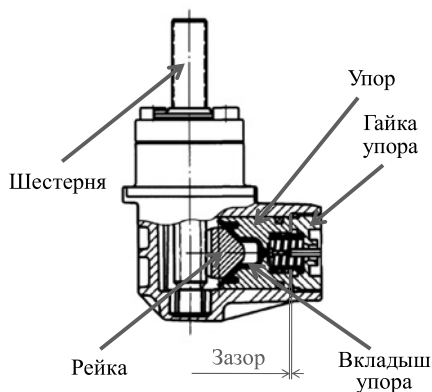


Рис. 18. Проблемные зоны в конструкции рулевого механизма с точки зрения качества

Основные причины дефекта :

1. Приработка подвижных элементов рулевого механизма.
2. Недостаточное обеспечение щетками для полировки профиля рейки.
3. Отсутствует измерительная машина для контроля параметров шестерни.

Меры	Мероприятия	Ответст.	Срок
Причины			
1	1. Разработана методика по регулировке зазора в паре упор-рейка на автомобиле. 2. Выпущено предписание для ПССС № 47-2009	ДТР ДОПО	Январь
2	1. Уточнена стойкость щеток для полировки профиля рейки. 2. Увеличена норма расхода и изготовления щеток	МСП ИП	Июнь
3	1. Разработан обходной вариант контроля параметров шестерни, внесены изменения в карты контроля	МСП ДпК	Июнь

Рис. 19. Мероприятия по улучшению качества рулевого механизма

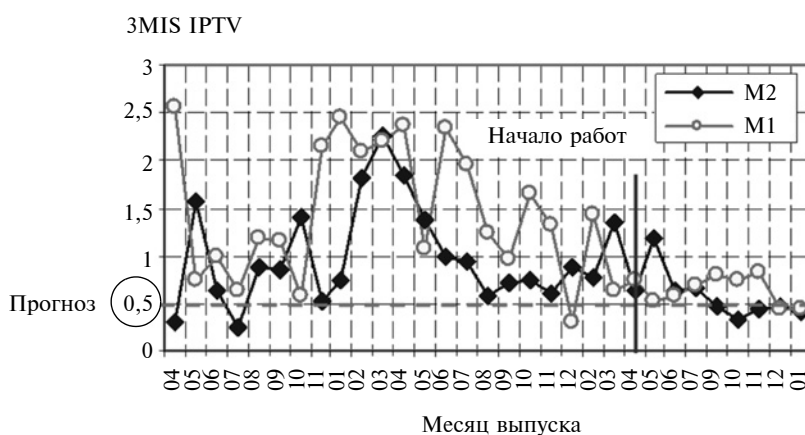


Рис. 20. Прогноз снижения уровня дефектности по проблеме качества рулевого механизма до целевых значений

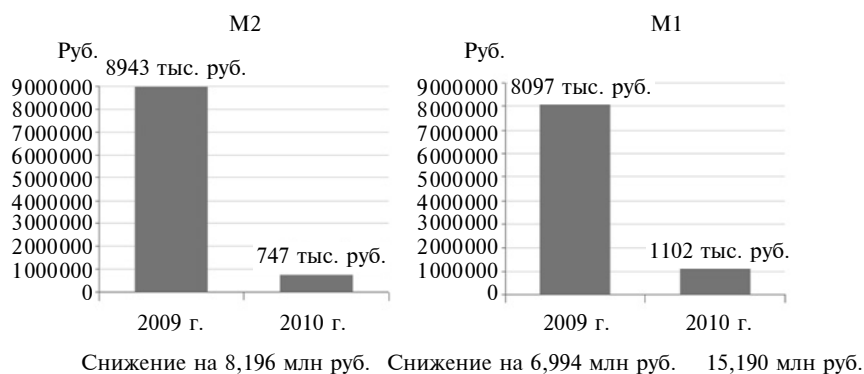


Рис. 21. Анализ затрат на устранение дефектов в период гарантийной эксплуатации автомобилей, до и после внедрения мероприятий, направленных на улучшение качества продукции

фицированную базу изделий для новых проектов автомобилей; вскрытие проблемных вопросов качества продукции глазами потребителей, а также определение возможного перечня блокирующих дефектов на

новых автомобилях; решение конкретных проблем качества и модернизация конструкций серийно выпускаемой продукции; прогноз и оценка результатов работы по улучшению качества продукции.



УДК 629.113

АЛГОРИТМИЧЕСКОЕ СОДЕРЖАНИЕ СИСТЕМЫ АКТИВНОГО ТОРМОЖЕНИЯ МАШИН

Д-р техн. наук **ШИПИЛЕВСКИЙ Г.Б.**
21-й НИИИ ВАТ МО РФ (gbship@mail.ru)

Рассматриваются способы получения и обработки в реальном времени информации, необходимой для работы систем активного торможения автомобилей. Отмечаются четыре стадии этой деятельности: обнаружение препятствия и оценка степени его опасности, оценка сцепных свойств опорной поверхности в данном месте, определение параметров процесса торможения и выработка указаний для действия тормозных механизмов.

Ключевые слова: автомобили, системы активного торможения, препятствия, свойства опорной поверхности, параметры процесса торможения, действие тормозных механизмов.

Shipilevskiy G.B. ALGORITHMIC CONTENT OF THE ACTIVE BRAKING SYSTEM

The methods of obtaining and processing in real time the information necessary for the operation of the active braking system of cars are considered. Four stages of this activity are noted: detection of an obstacle and assessment of its degree of danger, assessment of coupling properties of a basic surface in the given place, definition of parameters of process of braking and development of instructions for action of brake mechanisms.

Keywords: cars, active braking systems, obstacles, properties of the support surface, parameters of the braking process, the action of the braking mechanisms.

Система активного торможения обязана автоматически предупреждать наезд машины на препятствие, оказавшееся на её пути, как движущееся, так и неподвижное. Сегодня такими системами снабжаются машины достаточно высокого ценового уровня, но учитывая интерес к созданию машин с беспилотным использованием, это направление должно перейти в статус обязательного оснащения. Можно добавить, что в своё время этот вопрос рассматривался применительно к движению колонн военных машин в условиях ограниченной видимости¹, но, к сожалению, до производственной реализации его довести не удалось.

В любом случае нужно считать этот вопрос важным с точки зрения необходимого развития отечественной автомобильной техники. Как правило, фирмы-изготовители автомобилей такую информацию относят к

своему "ноу-хау" и делиться ею особо не стремятся. И в каждом конкретном случае он будет иметь свои особенности постановки и решения, но общая структура его алгоритмического содержания скорее всего должна иметь единую основу. При этом можно считать, что она должна предусматривать способность таких систем надёжно действовать во всех обстоятельствах, в которых могут оказаться машины разного назначения, в том числе военного (сразу же можно указать, что основной особенностью последних следует признать внедорожное движение по опорным поверхностям со слабым сцеплением). Другими словами, эффективность системы должна быть обеспечена везде, где придётся двигаться машинам.

При этом сразу же нужно дать чёткие определения некоторых основных положений. Под алгоритмическим содержанием системы будем понимать совокупность действий её аппаратно-программного обеспечения для абсолютного предотвращения столкновения. Требованием необходимого качества будем считать недопустимость "избыточной осторожности", которая может существенно снизить скорость движения машины, особенно при её нахождении в колонне. Будем при этом полагать, что состав и свойства аппаратно-программного обеспечения, а также уровни допустимых значений величин будут наилучшим образом подобраны, исходя из этого требования. Тогда действия системы можно рассматривать в виде некоторых стадий.

Сразу же нужно обозначить цели предлагаемого подхода. Ведь каждый разработчик вправе самостоятельно решать этот вопрос, руководствуясь своим пониманием существа вопроса. Однако в последующем можно ожидать таких постановок, как стандартизация и сертификация, сравнительные испытания, создание производства типовой аппаратуры и ещё каких-то, которые сегодня просто не сформулированы. Поэтому систематизировать и по возможности упорядочить эту часть проблемы, а также получить возможность сравнения принятых алгоритмических решений с неким эталоном, вполне стоит, что, собственно, и предлагается ниже.

Автор считает нужным сразу же подчеркнуть, что все соотношения между величинами, использованные далее, вытекают из общеизвестных зависимостей. Поэтому никаких претензий на авторство разработки математической модели данного явления и на связанные с этим приоритеты он предъявлять не считает возможным. С такой задачей должен справляться любой грамотный инженер, не говоря об обладателях учёных степеней и званий.

При таком подходе первой стадией нужно считать определение наличия препятствия и меры его опасности. За оценку этой меры предлагается принять дли-

¹ Елистратов В.В., Шипилевский Г.Б., Юрчевский А.А. "Актуальность внедрения систем предупреждения столкновения автомобилей" в ж. "Вестник военного автомобилиста", № 1, 2007 г.

тельность времени от момента обнаружения препятствия до возможного столкновения с ним при продолжении движения с отсутствием каких-либо действий по его предупреждению T_d . Думаю, что всем будет понятно, что в зависимости от его величины и нужно будет определять необходимость и интенсивность действий (не следует забывать, что в реальной обстановке препятствия могут обнаруживаться довольно неожиданно).

Полагая, что само обнаружение и идентификация препятствия средствами типа радаров, лидаров, сонаров и устройств технического зрения под руководством искусственного интеллекта происходят своевременно и безошибочно (отметим, что должны надёжно обнаруживаться препятствия в том числе такого вида, как стволы упавших деревьев, провалы и трещины и т.п.), рассмотрим способы объективной оценки опасности. Они должны оценивать опасность по результатам измерения расстояния до препятствия и скорости сближения с ним (либо с помощью доплеровского эффекта, либо по разностям расстояний в соседних тактах измерений). Однако, если препятствие обнаруживается на линии, являющейся продолжением продольной оси машины, или в некотором узком коридоре параллельно ей, то никаких затруднений не предвидится, и требуемая оценка получается прямым делением текущих значений величины дистанции на величину скорости сближения. А в случае, если движущееся препятствие (скорее всего, тоже автомобиль) обнаруживается в секторе за пределами этого коридора под значительным углом к направлению движения машины, возникает необходимость решать несколько более сложную задачу, в которой на основе измерений как минимум по двум отсчётам и прогноза траектории движения встречного препятствия, а также с учётом скорости движения самой машины прежде всего нужно будет определить, возможно ли столкновение вообще. Очевидно, что здесь напрашиваются измерения углов между продольной осью машины и направлением на препятствие, а также между ним и вектором скорости движения препятствия. Дальше решается простая кинематическая задача на плоскости, сколько времени от момента обнаружения препятствия понадобится каждому участнику этой коллизии для попадания в точку пересечения прогнозируемых направлений их движения. Если эти интервалы будут достаточно различными, столкновение не произойдёт, в противном случае синтезируется тревожный сигнал, который должен дать импульс запрограммированному действию.

Однако при поиске решения для этого варианта возможных событий придётся учитывать и некоторые усложняющие факторы. Здесь придётся принимать во внимание ещё и возможные приоритеты машин (например, специальных или оперативных) или дорог, по которым они движутся. И не исключено, что вместо торможения в каких-то случаях придётся ускорять движение, и должны будут присутствовать и какая-то связь между объектами, и какие-то средства для передачи сообщений об особенностях места (например, для Т-образного перекрёстка, пересечения основ-

ной дороги с второстепенной и т.п.), являющиеся уже частью дорожной инфраструктуры. А то, что для беспилотных машин всё это придётся учитывать в полном объёме, сомнению не подлежит, как обязательное условие выхода на дороги общего пользования. Эти соображения следует считать одним из обязательных условий решения данной задачи в комплексе — оно связано с необходимостью предусматривать некие требования к обустройству дорожной инфраструктуры.

Переходя к следующей стадии действий, нужно подчеркнуть, что она возникает в случае распространения области действия систем на движение по дорогам разного качества или даже вообще внедорожное. Если же такое условие не ставится и считается, что активное торможение будет использоваться только на сухом бетоне или асфальте, то эту стадию можно пропустить, так как она должна быть связана с оценкой сцепных свойств дорожного покрытия или просто опорной поверхности на основе общепринятой "φ-S"-диаграммы. (Конечно, общепринятой её следует считать для автомобилей. Исследовались ли эти явления при торможении быстроходных гусеничных машин, автору не известно. Скорее всего, этот вопрос придётся ставить отдельно и решать его для повышения безопасности движения таких машин, особенно базовых шасси специального оборудования, движущихся в составе колонн.)

Напомним, что на машине предполагается наличие средств, позволяющих с достаточной точностью измерять как действительную скорость её движения, так и частоты вращения её ведущих колёс. Здесь сразу же обратим внимание на то, что в качестве расчётных констант принимаются статические радиусы колёс со штатными шинами при регламентированном давлении воздуха (возможность подкачки или стравливания на ходу и их влияние на результаты измерений учитывать не стоит из-за существенного усложнения номенклатуры и количества датчиков, но определить, с каким знаком и какая при этом может появиться погрешность, рано или поздно придётся). Кроме того, предполагается, что на машинах, рассматриваемых с этой точки зрения, подача топлива в двигатель регулируется электронными средствами (на машинах с тяговым электроприводом ведущих колёс возможна оценка нагрузки и потребляемой мощности по результатам измерения токов и напряжений), что обеспечивает текущую оценку суммарного тягового усилия (сопротивления движению) и его соотношения с массой (весом) машины через нагрузку на двигатель и известные передаточные отношения трансмиссии.

Развесовка машины, особенно многоосной, также должна считаться известной (её удобнее выражать через долю, которую вертикальная нагрузка на колесо составляет от веса машины, в виде ряда коэффициентов, сумма которых равна единице). Соответственно должны быть известны максимально возможные величины тормозных моментов по каждому колесу с учётом возможного разнообразия механизмов (дисковые, барабанные с колодками или лентами).

Далее укажем на единственное допущение, которое придётся делать на этом этапе. Предлагается считать,

что соотношение величины коэффициента сцепления φ и тормозного усилия для данного состояния опорной поверхности практически равно соотношению величины степени буксования δ и суммарного тягового усилия. Тогда задача получения информации о том, как может выглядеть "φ-S"-диаграмма для того участка опорной поверхности, на котором в данный момент находится машина, сводится к следующим действиям:

— в память вычислительного средства вводится типовой набор кривых этой диаграммы для разных видов опорной поверхности от сухого бетона до льда в формате, который позволяет синтезировать некую искусственную подобную кривую по точке, которая в координатах диаграммы находится между двумя типовыми кривыми (не исключено, что такие "синтезированные" кривые могут определяться для каждого колеса отдельно, если сцепные свойства опорной поверхности под ними будут различаться существенно);

— в ходе движения с малыми интервалами времени измеряются текущие значения действительной и теоретической (усреднённой по всем ведущим колёсам) скорости машины и вычисляется текущее значение степени буксования δ по стандартной формуле 1, приведённой в таблице. (Теоретическая скорость V_{te} определяется по частотам вращения колёс. При этом колёса могут, а в процессе торможения обязательно будут иметь разные частоты вращения. Проще всего и логичнее определять среднее значение частоты вращения. Однако можно считать для каждого колеса отдельно. Здесь важно не запутаться, особенно на машинах с тремя или более осями.);

— вычисленное значение δ признаётся аналогом степени скольжения S , а соотношение суммарного тягового усилия с весом машины — аналогом коэффициента сцепления φ ;

— синтезируется интерполированная кривая, которая считается "φ-S"-диаграммой для данного состояния опорной поверхности (учёт возможной разницы между условиями движения разных колёс уже упомянут выше).

Третья стадия вычислительных действий является самой сложной, но она давно и подробно описана в разных источниках. Она содержит систему уравнений, описывающих взаимосвязь между явлениями, сопровождающими торможение машины, движущейся со скоростью V_{tr} , вплоть до полной остановки. Предполагается, что в ходе этого процесса передача мощнос-

ти от двигателя к ведущим колёсам прекращена. Если не указаны никакие связи, определяющие величины тормозных моментов, считаем, что они приложены скачками максимальной величины. Рассматриваются замедления вращения колёс и движения машины. Исходными данными считаются: скорость движения машины V_{tr} ; "интерполированная" кривая $\varphi = F(S)$; коэффициенты, отражающие развесовку через вертикальные нагрузки на колёса в виде q_i , где i — поряд-

ковый номер колеса ($i = 1, 2...n$) и $\sum_{i=1}^{i=n} q_i = 1$; величины максимальных тормозных моментов M_{ii} ; — оценка суммарного сопротивления движению машины (суммарной тяги) $F_{r\text{sum}}$, пересчитанная по нагрузке на двигатель; радиус колёс R ; масса машины m .

Первым уравнением системы будет уравнение изменения скорости движения машины V под действием всех тормозных сил от исходного значения V_{tr} до нуля (формула 2).

Затем составляется пакет уравнений, определяющих замедление вращения для каждого колеса, причём используется традиционная форма уравнения динамики движения с предположением о том, что все колёса одинаковы и находятся на одинаковой опорной поверхности, но их тормозные усилия имеют различия, вызванные неодинаковой развесовкой (формула 3).

При этом каждое тормозное усилие F_{ii} определяется из условия, описываемого формулой 4. (Вновь напомним, что скольжение S и соответствующее ему значение коэффициента сцепления φ могут определяться для каждого колеса отдельно по интерполированной "φ-S"-диаграмме.)

Совместное рассмотрение предложенных уравнений показывает, что составление программного продукта для решений "on-line" связано с необходимостью учитывать петлевой характер связей между текущими значениями параметров наблюдаемых процессов (встречаются пары параметров, которые на разных стадиях расчётов как бы меняются ролями — одни считались известными для вычисления других, затем происходила смена ролей). Поэтому здесь наиболее целесообразной средой для этого нужно считать квазианалоговые среды типа "Matlab Simulink". Возможно, и способы загрузки программного обеспечения тоже будут проще на такой основе.

№	Формула	Примечания
1	$\delta = \frac{V_{te} - V_{tr}}{V_{te}}$	V_{te} — теоретическая скорость, определяемая по частотам вращения колёс; V_{tr} — действительная скорость
2	$M \frac{dV}{dt} + \left(\sum_{i=1}^{i=n} F_{ii} + F_{r\text{sum}} \right) = 0;$ $V = V_{tr}$ при $t = 0$; $V = 0$ при $t = T_{\text{stop}}$; $V \geq 0$	V_{tr} — измеренное текущее значение скорости; m — масса машины; T_{stop} — время от начала действия тормозов до полной остановки машины ($V = 0$); F_{ii} — тормозные усилия колёс; n — число колёс; $F_{r\text{sum}}$ — текущая величина суммарного сопротивления движению
3	$J \frac{d\omega_i}{dt} = \frac{V_{te}}{R} + F_{ii}R - M_{ii}; \omega_i = \frac{V_{te}}{R}$ при $t = 0$	J — момент инерции колеса; ω_i — частота вращения колеса с номером i ; R — радиус колеса; M_{ii} — тормозной момент колеса с номером i
4	$F_{ii} = mgq_i\varphi$	$g = 9,81 \text{ м/с}^2$

Целью расчёта должно являться определение текущих значений интервала времени T_{stop} , за который машина, движущаяся со скоростью V_{tr} , остановится после скачкообразного приложенного максимального тормозного момента M_{tr} на опорной поверхности с интерполированной "φ-S"-диаграммой.

Теперь можно описать заключительную стадию расчётных действий. Она должна состоять из сравнения полученного значения T_{stop} с величиной T_d , которая принята за оценку опасности столкновения. В случае, если первое сравняется со вторым и даже начнёт превосходить его, система должна выдавать импульс на срабатывание тормозов. Однако характер этого действия может отличаться от принятого в расчёте. Формирование и приложение тормозных моментов целесообразно увязать с темпом роста этих величин, чтобы обеспечить плавное торможение машины. Да и какие-то допуски "в запас" тоже не повредят. Как это сделать лучше, стоит и подумать, и попробовать смоделировать.

Стадии чередуются тактами, длительность которых определяется временем, необходимым для измерений и расчётов. При использовании современных аппаратных, в том числе компьютерных, средств можно ожидать вполне достаточной динамичности.

Разумеется, предложенный подход не следует считать единственно верным. Дальнейшее развитие аппаратно-программных средств наверняка предоставит возможности совершенствования и упрощения решений. Но то, что отечественному автомобилестроению полезно иметь в наличии некоторые обобщённые методы, сомнений вызывать не должно.

Более того, нужно сразу же обратить внимание на отдельные вопросы, связанные с известными затруднениями. Так, знание и стабильность "развесовки" можно считать достаточными разве только для машин, на которых постоянно установлено какое-то весовое оборудование. У машин грузовых (диапазон изменения массы от "порожняком" до максимальной грузоподъёмности) или транспортно-пусковых в реактив-

ных системах залпового огня или в ракетных системах разного назначения никакой стабильности нет даже в приближении. Да и сам этот фактор, как правило, привязан к осям, даже не вспоминая о возможной асимметрии по бортам. Правда, вполне возможно, что радикальное решение этого вопроса появится в виде простых и достаточно надёжных датчиков вертикальных нагрузок на каждое колесо.

А ведь с точки зрения предупреждения заносов любая такая асимметрия в сумме с возможным различием свойств опорной поверхности под разными бортами может легко стимулировать вход машины в занос, особенно при необходимости экстренного торможения. Ведь легко представить, что центр масс машины с грузом заметно сместился к левому борту, а колёса правого борта попали на скользкое место.

Тогда вопрос необходимости наличия на машине антиблокировочной системы нужно будет рассмотреть ещё не раз и очень внимательно, зная, что АБС заметно увеличивает тормозной путь. Наверное, и систему электронной стабилизации курса тоже придётся как-то по-другому настроить.

Наконец, современные тормозные системы ждут также конструктивного развития. Ведь не секрет, что они пока по общему электрическому сигналу выдают команду на торможение всех колёс с одинаковой интенсивностью (если не учитывать действие клапанов-модуляторов АБС). Но можно с уверенностью заявить, что нужно двигаться дальше и пытаться сделать торможение каждого колеса даже в этих ситуациях таким, каким оно должно было бы быть.

Так что в этой области всё ещё имеется широкий простор для дальнейшего развития и теории, и экспериментальных исследований. И предлагаемую статью нужно рассматривать как возможную логическую основу, позволяющую в будущем сравнивать разные подходы и аппаратно-программные решения, а также сформировать стандартные методы оценки качества систем этого назначения.

УДК 629.114.3.075

КИНЕМАТИКА ПОВОРОТА ДЛИННОБАЗНОГО СОЧЛЕНЁННОГО АВТОПОЕЗДА

Д-р техн. наук **ГЛАДОВ Г.И., ЛЕБЕДЕВ Д.Р.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана (denis26788@mail.ru)

Рассматривается криволинейное движение с системой управления поворотом колёс длиннобазного сочленённого автопоезда, состоящего из предыдущего и последующего звеньев, связанных между собой шарнирно опирающейся на них соединительной рамой.

Ключевые слова: автопоезд, длиннобазный, сочленённый, управляемые колёса, кинематика поворота

Gladov G.I., Lebedev D.R. STEERING KINEMATICS OF THE LONG-WHEELBASE ARTICULATED ROAD TRAIN

The article considers the curvilinear motion with the wheel turning control system of a long-wheelbase articulated road train consisting of the previous and subsequent links connected by a connecting frame pivotally supported on them.

Keywords: road train, long-wheelbase, articulated, steering wheel, steering kinematics.

Одной из основных проблем, решаемых при создании системы управления поворотом колёс длиннобазного сочленённого автопоезда, является обеспечение совпадения траекторий движения предыдущего и последующего звеньев. Большой интерес в связи с этим представляет моделирование процесса поворота, позволяющее на стадии проектирования производить оценку манёвренных качеств автопоезда при различных законах управления поворотом колёс последующего звена [1].

Для удобства описания процесса поворота автопоезда введём следующие понятия: *кинематический центр поворота звена* — точка, определяемая пересечением перпендикуляров к продольным осям колёс, проведённым через их центры; *основная точка звена* — точка, определяемая ортогональной проекцией кинема-

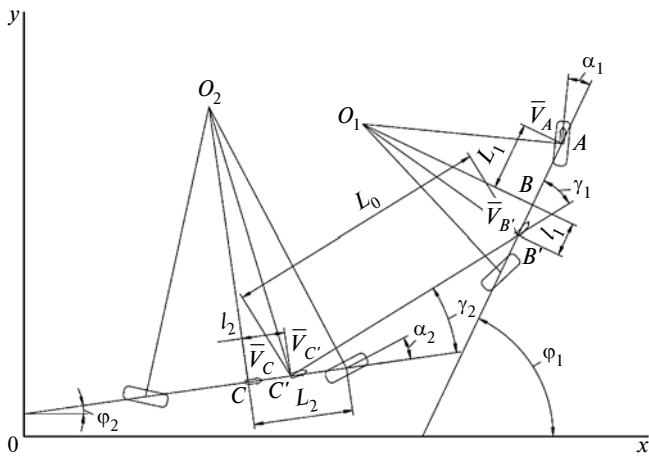


Рис. 1. Расчётная схема поворота сочленённого автопоезда

тического центра поворота звена на его продольную ось; траектория звена — траектория основной точки звена.

Приведённое колесо — условное колесо, располагаемое в точке пересечения продольной оси звена и колёсной оси, наиболее удалённой от основной точки звена.

Математическая модель криволинейного движения сочленённого автопоезда построена с учётом следующих допущений: рассматривается плоская "велосипедная" модель сочленённого автопоезда; модуль вектора скорости приведённого колеса предыдущего звена поддерживается постоянным; влияние возмущений от воздействия внешних сил не учитывается; боковой увод шин в рассмотрение не принимается.

На рис. 1 представлена расчётная схема криволинейного движения сочленённого автопоезда, на которой приняты следующие обозначения: XOY — неподвижная система координат, связанная с опорной поверхностью; L_0 — длина соединительной рамы; L_1 , L_2 — расстояние от основной точки до оси приведённого колеса предыдущего и последующего звеньев соответственно (берётся со знаком "+" при расположении приведённого колеса впереди по направлению движения относительно основной точки); l_1 , l_2 — смещение точек сцепки относительно основных точек соответственно для предыдущего и последующего звеньев (берётся со знаком "+" при смещении точки сцепки вперёд по отношению к основной точке); α_1 , α_2 — углы поворота приведённых колёс предыдущего и последующего звеньев соответственно; φ_1 , φ_2 — курсовые углы предыдущего и последующего звеньев соответственно; γ_1 — угол складывания предыдущего звена и соединительной рамы (передний угол складывания); γ_2 — угол складывания соединительной рамы и последующего звена (задний угол складывания); O_1 , O_2 — кинематические центры поворота предыдущего и последующего звеньев соответственно; V_A — вектор скорости приведённого колеса предыдущего звена; V_C — вектор скорости основной точки последующего звена; V_B , $V_{C'}$ — векторы скорости точек сцепки предыдущего и последующего звеньев.

Криволинейное движение сочленённого автопоезда описывается системой из следующих шести дифференциальных уравнений, три из которых описывают движение предыдущего звена, а три других — движение последующего звена:

$$\dot{\varphi}_1 = \frac{V_A \sin \alpha_1}{L_1};$$

$$\dot{x}_B = V_A \cos \alpha_1 \cos \varphi_1;$$

$$\dot{y}_B = V_A \cos \alpha_1 \sin \varphi_1;$$

$$\dot{\varphi}_2 = \frac{V_C \operatorname{tg} \alpha_2}{L_2};$$

$$\dot{x}_C = V_C \cos \varphi_2;$$

$$\dot{y}_C = V_C \sin \varphi_2.$$

Скорость опорной точки последующего звена определяется соотношением:

$$V_C = V_A \frac{\cos \alpha_1 \cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{l_2 \operatorname{tg} \alpha_2}{L_2} \right) \right) \cos \left(\gamma_1 - \operatorname{arctg} \left(\frac{l_1 \operatorname{tg} \alpha_1}{L_1} \right) \right)}{\cos \left(\operatorname{arctg} \left(\frac{l_1 \operatorname{tg} \alpha_1}{L_1} \right) \right) \cos \left(\gamma_2 - \operatorname{arctg} \left(\frac{l_2 \operatorname{tg} \alpha_2}{L_2} \right) \right)}.$$

Углы складывания γ_1 и γ_2 находятся по формулам:

$$\gamma_1 = \varphi_1 - \operatorname{arctg} \left(\frac{y'_B - y'_C}{x'_B - x'_C} \right);$$

$$\gamma_2 = \operatorname{arctg} \left(\frac{y'_B - y'_C}{x'_B - x'_C} \right) - \varphi_2.$$

Координаты точек сцепки определяются выражениями:

$$x_{B'} = x_B + l_1 \cos \varphi_1;$$

$$y_{B'} = y_B + l_1 \sin \varphi_1;$$

$$x_{C'} = x_C + l_2 \cos \varphi_2;$$

$$y_{C'} = y_C + l_2 \sin \varphi_2.$$

Задание движения впередиидущего звена может производиться путём задания модуля вектора скорости приведённого колеса и угла его поворота относительно продольной оси впередиидущего звена.

Задание поворота приведённого колеса последующего звена определяется алгоритмом работы системы управления поворотом.

Наиболее простой системой управления поворотом колёс последующего звена является система, осуществляющая поворот управляемых колёс в зависимости от угла складывания соединительной рамы и последующего звена при условии совпадения траекторий звеньев при установившемся круговом движении. При совпадении основных точек звеньев с точками сцепки эта зависимость имеет вид:

$$\alpha_2 = \operatorname{arctg} \left(\frac{2L_2}{L_0} \sin \gamma_2 \right) \approx \frac{2L_2}{L_0} \gamma_2.$$

Недостатком системы управления, работающей по данному закону, является несовпадение траекторий

звеньев при неустановившемся криволинейном движении (на входе и выходе из поворота). Известен способ управления поворотом [2], заключающийся в том, что при движении транспортного средства измеряются и сравниваются углы складывания γ_1 и γ_2 , а управление поворотом задаётся в виде:

$$\alpha_2 = \frac{2L_2}{L_0} m \gamma_2; \quad m = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \leq 2; \\ 0 & \text{при } \frac{\gamma_1}{\gamma_2} > 2. \end{cases} \quad (1)$$

Управление по этому закону приводит к тому, что при входе в поворот происходит запаздывание подачи управляющего сигнала на поворотные колёса последующего звена, и при начавшемся криволинейном движении впередиидущего звена последующее звено некоторое время ещё продолжает двигаться прямолинейно, приближаясь к точке входа в поворот впередиидущего звена. Таким образом, происходит уменьшение отклонения траекторий звеньев при входе в поворот. Однако данный закон не обеспечивает запаздывания управляющего сигнала и, следовательно, уменьшения отклонения траекторий при выходе из поворота.

При управлении поворотом колёс последующего звена в функции двух углов складывания [3] по закону

$$\alpha_2 = \frac{2L_2}{L_0} (k_2 \gamma_2 - k_1 \gamma_1) \quad (2)$$

при оптимально выбранных корректирующих коэффициентах k_1 и k_2 удаётся значительно (примерно в 3 раза) снизить отклонение траекторий звеньев как на входе в поворот, так и на выходе из поворота. Недостатком этого способа управления является забегание последующего звена наружу относительно траектории впередиидущего звена на начальном участке входа в поворот, что ухудшает безопасность движения.

В целях устранения указанного недостатка предлагается синтезировать два вышеописанных закона в следующем виде:

$$\alpha_2 = \frac{2L_2}{L_0} m (k_2 \gamma_2 - k_1 \gamma_1) \gamma_2; \quad m = \begin{cases} 1 & \text{при } \frac{\gamma_1}{\gamma_2} \leq \frac{k_2}{k_1}; \\ 0 & \text{при } \frac{\gamma_1}{\gamma_2} > \frac{k_2}{k_1}. \end{cases} \quad (3)$$

Введение в систему управления поворотом по двум углам складывания запаздывания управляющего сигнала на участке входа в поворот, для которого выполняется условие $\gamma_1/\gamma_2 > k_1/k_2$, должно устранить забегание последующего звена наружу на начальном участке входа в поворот при сохранении минимальных отклонений траекторий на других участках криволинейного движения, характерных для системы управления по двум углам складывания.

Для оценки манёвренных качеств длиннобазного сочленённого автопоезда при различных законах управления поворотом в соответствии с вышеописанной моделью была разработана программа расчёта на ЭВМ

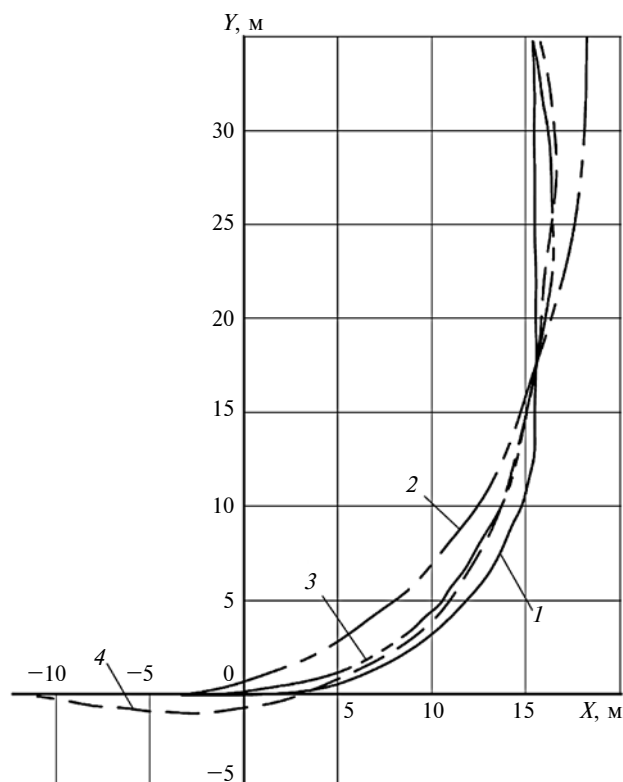


Рис. 2. Расчётные траектории движения звеньев сочленённого автопоезда:

1 — траектория впередиидущего звена; 2 — траектория последующего звена при управлении поворотом колёс по заднему углу складывания с запаздыванием; 3 — траектория последующего звена при управлении поворотом колёс по двум углам складывания; 4 — траектория последующего звена при управлении поворотом колёс по двум углам складывания с запаздыванием

траекторий криволинейного движения сочленённого автопоезда. Путём варьирования коэффициентов k_1 и k_2 при различных видах и радиусах поворота программа позволила получить оптимальные значения коэффициентов, соответствующие минимальным отклонениям звеньев при управлении поворотом в соответствии с законами (2), (3). Так, для управления поворотом в соответствии с законом (2) значение коэффициентов равны $k_1 = 0,9$, $k_2 = 1,78$, а при управлении в соответствии с законом (3) $k_1 = 1,2$, $k_2 = 1,98$.

Проведённые расчёты подтвердили верность предположения об эффективности использования системы управления поворотом колёс по двум углам складывания с запаздыванием в соответствии с законом (3).

В качестве примера на рис. 2 приведены расчётные траектории движения сочленённого автопоезда с длиной соединительной рамы $L_0 = 22$ м, полученные при повороте на 90° с радиусом поворота $R = 15$ м при управлении поворотом колёс в соответствии с законами управления (1), (2) и (3).

Литература

1. Проектирование полноприводных колёсных машин: Учебник для вузов: В 3-х т. / Афанасьев Б.А. и др.; Под ред. Полунгяна А.А. — М.: Изд-во МГТУ имени Н.Э. Баумана, 2008.
2. Зисман Л.М. и др. А. с. № 431052, В 62 d 13/02.
3. Макаров М.И. и др. А. с. № 1740229, В 62 d13/04.

КОЛЁСА РАЗНОГО РАДИУСА НА РАЗНЫХ ОСЯХ АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **БАЛАКИНА Е.В., СЕРГИЕНКО И.В.**
Волгоградский ГТУ (fahrgestell2011@yandex.ru)

Исследование относится к области активной безопасности колёсных машин. Выполнен анализ возможностей применения колёс с разными свободными радиусами по осям автомобиля.

Ключевые слова: колесо транспортного средства, свободный радиус, неодинаковость по осям автомобиля, устойчивость движения.

Balakina E.V., Sergienko I.V.

WHEELS OF DIFFERENT RADIUS ON DIFFERENT AXES OF THE CAR

The study relates to the active safety of wheeled vehicles. Analysis of application wheels with different free radius on the vehicle axis.

Keywords: vehicle wheel, free radius, non-equal along the vehicle axes, movement stability.

Колёсные машины с разными радиусами передних и задних колёс давно и успешно применяются, например, в сельском хозяйстве, где особую роль играет проходимость. Ведущие — большие (как правило, задние; управляемые — меньшего размера. Такое решение применяется не только на тракторах, но и другой сельхозтехнике, работающей на относительно невысоких скоростях. На автомобилях же (за исключением гоночных), такое усложнение конструкции широкого применения не нашло: колёса неодинаковых радиусов на осях не оказывают существенного влияния ни на устойчивость движения, ни на управляемость.

Однако с появлением электронных систем управления движением (ЭСУД) ситуация изменилась. Результаты предварительных расчётов, проведённых авторами по упрощённым моделям, не учитывающим явления увода и колебаний колёс, указывали на наличие существенного влияния неодинаковости радиусов колёс по осям на управляемую динамику автомобиля, снабжённого ЭСУД. Предположительно это связано с искусственным ограничением нарастания продольного скольжения в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, лежащим в основе всех электронных систем стабилизации движения, призванных увеличить коэффициент сцепления. Системы поддерживают коэффициент продольного скольжения колеса (КПСК) в диапазоне 0,15...0,25 соответственно порогу

настройки. Поскольку продольное скольжение в пятне контакта не нарастает более заданного значения, то и боковое скольжение наступает при больших значениях боковых сил. С одной стороны, это делает сцепное взаимодействие колеса с опорой более стабильным, а с другой — влияние некоторых факторов успевае проявить себя до потери устойчивости движения и управляемости машины. К таким факторам, как предварительно установлено, относится и фактор неодинаковости радиусов передних и задних колёс.

Были проведены уточнённые расчётные эксперименты, учитывающие явления увода эластичных колёс, колебаний управляемых колёс с опорной поверхностью, а также продольного и поперечного перераспределения нормальных нагрузок в режимах движения. Для этих целей был использован разра-

ботанный программный продукт "Stabauto4" для оценки параметров устойчивости движения автомобиля с колёсами разных свободных радиусов при выполнении стандартных испытательных манёвров. Объектом исследования был автомобиль категории М1, имеющий колёса со свободными радиусами 0,308 м. Значения свободного радиуса колёс передней и задней осей варьировались в диапазоне от минимального (0,308) до максимального (0,308 + 20 %). Уменьшать радиус колеса по сравнению с существующим для выбранного объекта не представляется возможным по условиям прочностных свойств шины.

Рассмотрены следующие стандартные манёвры: "вход в поворот радиуса 35 м", "прямолинейное торможение на поверхности с высоким коэффициентом сцепления", "прямолинейное торможение на поверхности с пониженным коэффициентом сцепления", "прямолинейное торможение на поверхности с разными коэффициентами сцепления (микст)", "торможение в повороте". При указанных манёврах присутствуют силы, нарушающие устойчивое и управляемое движение автомобиля. Манёвр "переставка" не моделировался в связи трудностью точного математического описания управляющих воздействий водителя. Габаритный коридор соответствовал нормативному: при криволинейных режимах — 3,9 м, при прямолинейных режимах — 3 м. Результаты расчёта приведены на рис. 1—4. Итоги расчёта сведены в табл. 1 (манёвр "торможение в повороте" на сухом асфальтобетонном покрытии)

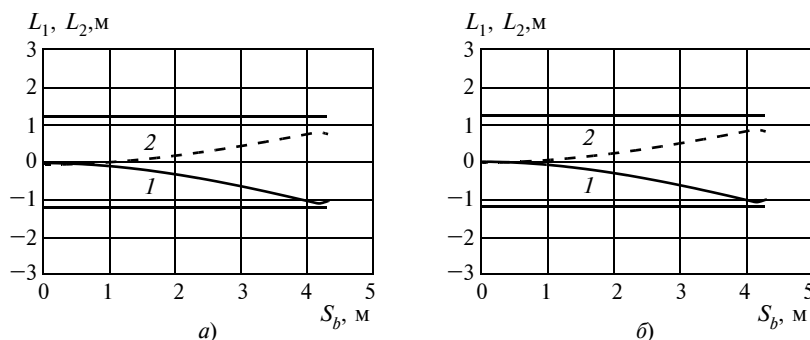


Рис. 1. Параметры траектории автомобиля при выполнении манёвра "торможение в повороте" на сухом асфальтобетонном покрытии при постоянном значении свободного радиуса переднего колеса (min) и при переменном значении свободного радиуса заднего колеса:

a — минимальное значение; *б* — максимальное значение; 1 — линейные отклонения передней оси; 2 — линейные отклонения задней оси

и 2 ("торможение в повороте" на мокром асфальтобетонном покрытии).

При выполнении других испытательных манёвров изменение свободного радиуса колёс на передней или задней осях автомобиля не оказывает видимого влияния ни на параметры его траектории, ни на критические скорости выполнения стандартных манёвров.

Как видно из приведённых рисунков и таблиц, при минимальных (исходных) значениях свободных радиусов передних колёс изменение радиусов задних колёс не оказывает влияния ни при каких стандартных манёврах. Увеличение значений свободных радиусов передних колёс при любых свободных радиусах задних колёс существенно влияет на параметры траектории автомобиля при выполнении манёвра "Торможение в повороте" как на сухом, так и на мокром асфальтобетонном покрытии. А именно, увеличиваются линейные отклонения и углы разворота автомобиля, а также тормозной путь. Таким образом, с увеличением свободных радиусов передних колёс, независимо от значений свободных радиусов колёс задней оси, ухудшаются устойчивость движения и тормозная динамика автомобиля. Для анализа этого явления приведена схема на рис. 5.

Причина такого влияния неодинаковости свободных радиусов колёс по осям автомобиля скрыта в характере перераспределения нагрузок на колёса автомобиля при выполнении манёвра "Торможение в повороте". Имеет место как продольное, так и поперечное перераспределение нормальных нагрузок на колёса. Боковые силы распределяются по колёсам пропорционально нормальным нагрузкам.

Поскольку передние колёса являются управляемыми, то на них действуют моменты M_x и M_y от соответствующих продольных и боковых реакций опорной поверхности на плечах l_0 и λ , как показано на рис. 6. Указанные моменты зависят от значений свободных радиусов: $M_x = P_z \varphi_x l_0$, где P_z — нормальная реакция опорной поверхности, φ_x — коэффициент сцепления в продольном направлении; l_0 — плечо обкатки, $l_0 \approx l_p - R_0 \sin \beta$, l_p — длина цап-

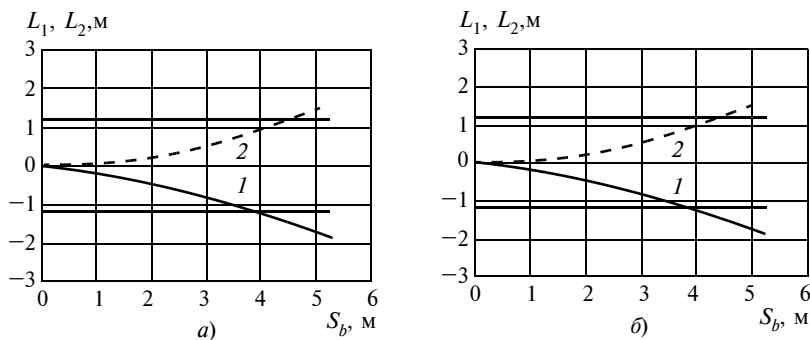


Рис. 2. Параметры траектории автомобиля при выполнении манёвра "торможение в повороте" на сухом асфальтобетонном покрытии при постоянном значении свободного радиуса переднего колеса (max) и при переменном значении свободного радиуса заднего колеса:

a — минимальное значение; б — максимальное значение; 1 — линейные отклонения передней оси; 2 — линейные отклонения задней оси

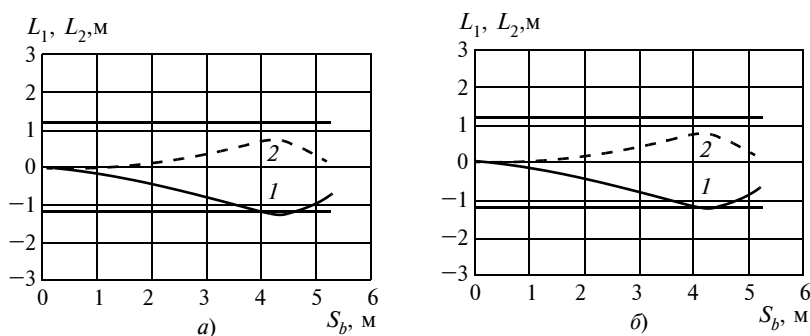


Рис. 3. Параметры траектории автомобиля при выполнении манёвра "торможение в повороте" на мокром асфальтобетонном покрытии при постоянном значении свободного радиуса переднего колеса (min) и при переменном значении свободного радиуса заднего колеса:

a — минимальное значение; б — максимальное значение; 1 — линейные отклонения передней оси; 2 — линейные отклонения задней оси

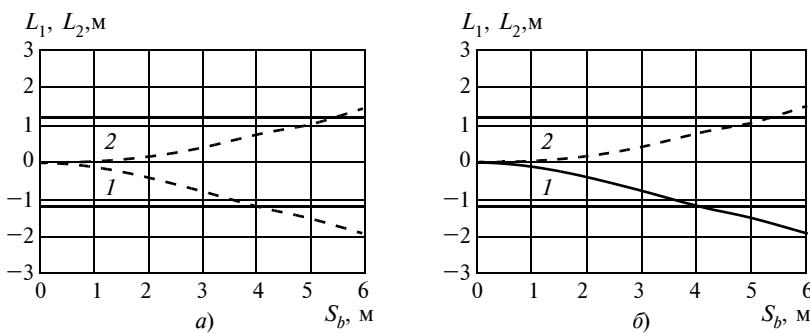


Рис. 4. Параметры траектории автомобиля при выполнении манёвра "торможение в повороте" на мокром асфальтобетонном покрытии при постоянном значении свободного радиуса переднего колеса (max) и при переменном значении свободного радиуса заднего колеса:

a — минимальное значение; б — максимальное значение; 1 — линейные отклонения передней оси; 2 — линейные отклонения задней оси

Таблица 1

№	Сочетания значений R_0	Влияние изменений	Параметры траектории автомобиля				Выход из коридора
			L_1 , м	L_2 , м	γ , °	S_b , м	
1	Передние — min Задние — min	Исходное состояние	-1,05	0,8	27	4,3	Нет
2	Передние — min Задние — max	Нет	-1,05	0,8	27	4,3	Нет
3	Передние — max Задние — min	Есть	-1,9	1,5	55	5,3	Есть
4	Передние — max Задние — max	Есть	-1,9	1,5	55	5,3	Есть

№	Сочетания значений R_0	Влияние изменений	Параметры траектории автомобиля				Выход из коридора
			L_1 , м	L_2 , м	γ , °	S_b , м	
1	Передние — min Задние — min	Исходное состояние	-1,2	0,8	28	5,2	Нет
2	Передние — min Задние — max	Нет	-1,2	0,8	28	5,2	Нет
3	Передние — max Задние — min	Есть	-1,9	1,5	51	6	Есть
4	Передние — max Задние — max	Есть	-1,9	1,5	51	6	Есть

фы; β — угол поперечного наклона оси поворота управляемого колеса; $M_y = R_y \lambda$, где R_y — боковая реакция опорной поверхности; λ — плечо, $\lambda \approx R_0 \sin \gamma$, γ — угол продольного наклона оси поворота управляемого колеса.

Таким образом, момент M_x с увеличением свободного радиуса управляемого колеса (УК) уменьшается, а момент M_y — наоборот, растёт. Какой из этих процессов идёт быстрее, тот и определяет влияние свободного радиуса УК на отклонения автомобиля от заданной траектории движения. Моменты M_x на УК направлены в противоположные стороны и компенсируют друг друга. Моменты M_y на УК направлены в одну сторону, стремясь вернуть повернутые колёса в исходное нейтральное положение (шинная стабилизация УК).

При выполнении автомобилем одновременно торможения и поворота самым нагруженным оказывается переднее колесо, внешнее по отношению к центру поворота. Следовательно, в его контакте с опорной поверхностью самые большие как нормальная, так и боковая реакции. При этом моменты M_x и M_y на нём складываются, что ухудшает ситуацию по отклонению автомобиля от заданной траектории движения. При этом момент M_x имеет в процессе торможения всегда большое значение, а момент M_y всё время падает вследствие уменьшения боковой силы центробежного происхождения, зависящей от скорости автомобиля. Это объясняет влияние значения величины свободного радиуса управляемых колёс на устойчивость движения автомобиля. Таким образом, с точки зрения улучшения устойчивости движения автомобиля,

значения свободных радиусов УК должны быть минимальными с учётом ограничений по нагрузочной способности шин.

В процессе торможения автомобиля его скорость всё время уменьшается, и боковая сила центробежного происхождения, зависящая от этой скорости, также уменьшается. Вследствие этого доля участка с трением покоя в пятне контакта, которая расходуется на реализацию бо-

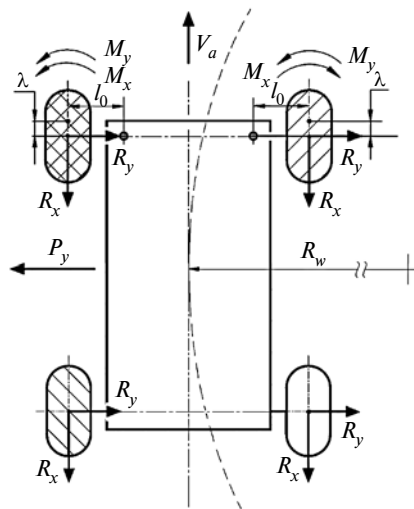


Рис. 5. Схема действия сил и моментов на нагруженные и разгруженные колеса автомобиля

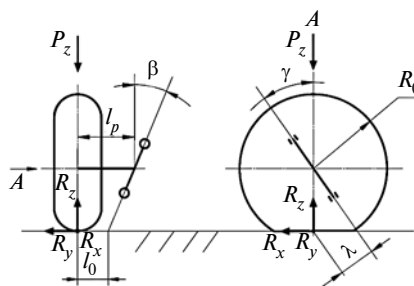


Рис. 6. Схемы появления моментов сил на управляемых колёсах:

a — момента M_x от продольной реакции опорной поверхности R_x ; b — момента M_y от боковой реакции опорной поверхности R_y

ковой реакции опорной поверхности, тоже убывает. В результате коэффициент сцепления в продольном направлении ϕ_x увеличивается, что должно уменьшать тормозной путь автомобиля S_b . Но этого не происходит при увеличении свободных радиусов УК. Объясняется это следующим.

Коэффициент сцепления в продольном направлении в наибольшей степени зависит от коэффициента продольного скольжения колёс (КПСК) s_x : $\phi_x = f(s_x)$. При торможении $0 < s_x \leq 1$.

Как известно, при торможении принимают $s_x = \frac{V_a - \omega R_r}{V_a}$, где V_a —

скорость автомобиля; ω — угловая скорость колеса. Значения радиуса качения R_r и свободного радиуса R_0 очень близки (расхождение не более 2 %).

При увеличении свободного радиуса колеса КПСК s_x нарастает медленнее, что приводит к уменьшению текущих значений коэффициента сцепления и росту тормозного пути автомобиля. А поскольку при одновременном торможении и повороте автомобиля, вследствие указанного ранее перераспределения нагрузок, "главным" оказывается переднее колесо, внешнее по отношению к центру поворота, а следующим — другое переднее колесо, то увеличение их свободного радиуса приводит к росту тормозного пути автомобиля.

Таким образом, с точки зрения улучшения тормозной динамики автомобиля, значения свободных радиусов УК должны быть минимальными с учётом ограничений по нагрузочной способности шин. Это открывает возможности разработки новых подходов к выбору компоновочных параметров шасси автомобиля, снабжённого ЭСУД.

Как видим, с точки зрения улучшения устойчивости движения автомобиля значения свободных радиусов управляемых колёс должны быть минимальными с учётом ограничений по нагрузочной способности шин. С точки зрения улучшения тормозной динамики автомобиля значения их свободных радиусов должны быть минимальными (также с учётом ограничений по нагрузоч-

ной способности шин). Значения же свободных радиусов задних колёс видимого влияния на устойчивость движения и тормозную динамику автомобиля не оказывают.

Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ в рамках научного проекта № 20-31-90001

Литература

1. Балабин И.В. Автомобильные и тракторные колёса и шины / И.В. Балабин, В.А. Путин, И.С. Чабунин. — МГТУ "МАМИ", 2012. — 920 с.
2. Балакина Е.В. К вопросу об определении коэффициента продольного скольжения колеса / Е.В. Балакина, Д.С. Сарбаев // Автомобильная промышленность. — 2018. — № 10. — С. 25–27.
3. Балакина Е.В. Применение разных радиусов колеса в задачах моделирования свойств активной безопасности автомобилей / Е.В. Балакина, И.В. Сергиенко // Автомобильная промышленность. — 2019. — № 5. — С. 16–19.
4. Балакина Е.В. Расчёт геометрического положения и размеров зон трения покоя и скольжения в пятне контакта эластичного колеса с твёрдой опорной поверхностью / Е.В. Балакина // Трение и износ. — 2017. — Т. 38. — № 2. — С. 136–143.
5. Бойко А.В. Пространственная математическая модель процесса торможения автомобиля на полноопорном роликовом стенде / А.В. Бойко, А.И. Федотов // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 3. — С. 8–15.
6. Задворнов В.Н. Прогнозирование износа протектора по жёсткостным характеристикам шин / В.Н. Задворнов, Е.В. Балакина, Н.А. Мищенко // Трение и износ. — 2020. — Т. 41. — № 4. — С. 485–490.
7. Кравец В.Н. Теория автомобиля: Учебник для вузов / В.Н. Кравец, В.В. Селифонов. — М.: ООО "Гринлайт+", 2011. — 884 с.
8. Пожидаев С.П. О некоторых уточнениях теории качения эластичного колеса / С.П. Пожидаев // Автомобильная промышленность. — 2013. — № 12 — С. 13–15.
9. Пожидаев С.П. О теории качения эластичного колеса с позиций механики / С.П. Пожидаев // Автомобильная промышленность. — 2014. — № 11 — С. 16–17.
10. Селифонов В.В. Теория автомобиля: Учебное пособие. — М.: Гринлайт, 2009. — 208 с.
11. Тарасик В.П. Теория движения автомобиля: Учебник для вузов. — СПб.: БХВ-Петербург, 2006. — 478 с.
12. Туренко А.Н. Методы расчёта реализуемого коэффициента сцепления при качении колеса в тормозном режиме / А.Н. Туренко, С.И. Ломака, Л.А. Рыжих, Д.Н. Леонтьев // Автомобильный транспорт. — 2010. — № 27 — С. 7–12.
13. Федотов А.И. Динамический метод диагностики пневматического тормозного привода автомобилей: монография. — Иркутск: Изд-во ИрНТУ, 2015. — 514 с.
14. Balakina E.V. Advantages of Using Wheel Rolling Radius for Calculating Friction Characteristics in Wheel-to-Road Contact Patch / E.V. Balakina, E.Y. Lipatov, D.S. Sarbaev // Proceedings of the 5th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2019) (March 25–29, 2019). Vol. 1 / ed. by A.A. Radionov [et al.]; South Ural State University (National Research University), Moscow Polytechnic University, Platov South-Russian State Polytechnic University, Volgograd State Technical University. — Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG, [2020]. — (Book ser.: Lecture Notes in Mechanical Engineering — LNME).
15. Balakina E.V. Analysis of various types of elastic wheel radii and establishing necessity and sufficiency of their application for various problem solving / E.V. Balakina, I.V. Sergienko, R.R. Sanzhapov // Proceedings of the 6th International Conference on Industrial Engineering (ICIE 2020) (18–22 May, 2020) / ed. by A.A. Radionov [et al.]; Moscow Polytechnic University [et al.]. — Cham (Switzerland): Springer Nature Switzerland AG, [2020]. — (Book ser.: Lecture Notes in Mechanical Engineering: LNME).
16. Pacejka H.B. Tire and Vehicle Dynamics. Published by Elsevier Ltd, USA, 2012. 672 p.
17. Reza N. Jazar Vehicle Dynamics: Theory and Application. Springer Science + Business Media, LLC, 2008, 1015 p.
18. Viehweger M., Vasseur C., van Aalst S., Acosta M., Regolin E., Alatorre A., Ivanov V., Victorino A. (2020). Vehicle state and tyre force estimation: demonstrations and guidelines. Vehicle System Dynamics, 1–28. doi: 10.1080/00423114.2020.1714672

УДК 621.333

О НЕКОТОРЫХ КОНСТРУКТИВНЫХ ОСОБЕННОСТЯХ И ВИДАХ ТРАНСПОРТНЫХ ТЯГОВЫХ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Канд. техн. наук **КЛИМОВ А.В.**, **ЧИРКИН В.Г.**,
д-р физ.-мат. наук **ТИШИН А.М.**
МАДИ, Инновационный центр КамАЗ, ООО "ФМТ",
МГУ имени М.В. Ломоносова (klimmanen@mail.ru)

Приводится описание основных принципов работы и конструкции наиболее распространённых и используемых в тяговых приводах вариантов, а именно асинхронных, синхронных с возбуждением от постоянных магнитов, синхронно-реактивных или вентильно-индукторных, а также некоторых перспективных гибридных электроприводов. Выполнен анализ публикаций, касающихся сравнения известных типов по комплексу показателей, таких как эффективность, простота (надёжность) конструкции и изготовления, стоимость, управляемость и удельная мощность.

Ключевые слова: электробус, тяговый электрический двигатель, удельная мощность, асинхронный, синхронный, реактивный, синхронно-реактивный, ротор, статор, редкоземельный постоянный магнит.

Klimov A.V., Chirkin V.G., Tishin A.M. ABOUT SOME DESIGN FEATURES AND TYPES OF TRANSPORT TRACTION ELECTRIC MOTORS

The article describes the basic principles of operation and design of the most common and used variants in traction drives, namely asynchronous, synchronous with excitation from permanent mag-

nets, synchronous-reactive or valve-inductor, as well as some promising hybrid electric drives. The authors present an analysis of publications concerning the comparison of known types by a set of indicators, such as efficiency, simplicity (reliability) of design and manufacture, cost, controllability and specific power.

Keywords: electric bus, traction electric motor, specific power, asynchronous, synchronous, reactive, synchronous-reactive, rotor, stator, rare-earth permanent magnet.

Одним из первых опытов непрерывного превращения электрической энергии в механическую считается опыт Фарадея — вращение проволоки с протекающим электрическим постоянным током вокруг одного из первых постоянных магнитов в 1820 г. Тогда же было опубликовано описание первого электродвигателя — колеса Барлоу. Уже через 19 лет по Неве плавало первое судно с электрическим приводом от гальванической батареи. В настоящее время, по прошествии 200 лет с момента изобретения, все мировые производители автомобильной техники имеют в модельном ряду выпускаемых транспортных средств машины с тяговым электрическим приводом, получающим энергию от электрохимических источников.

Тяговый двигатель — основной элемент электрического привода, собственно и осуществляющий электромеханическое преобразование энергии. Именно на него в настоящее время приходится основная доля энергопотери. Сегодня существует целый ряд различных типов и вариантов конструкций электродвигате-

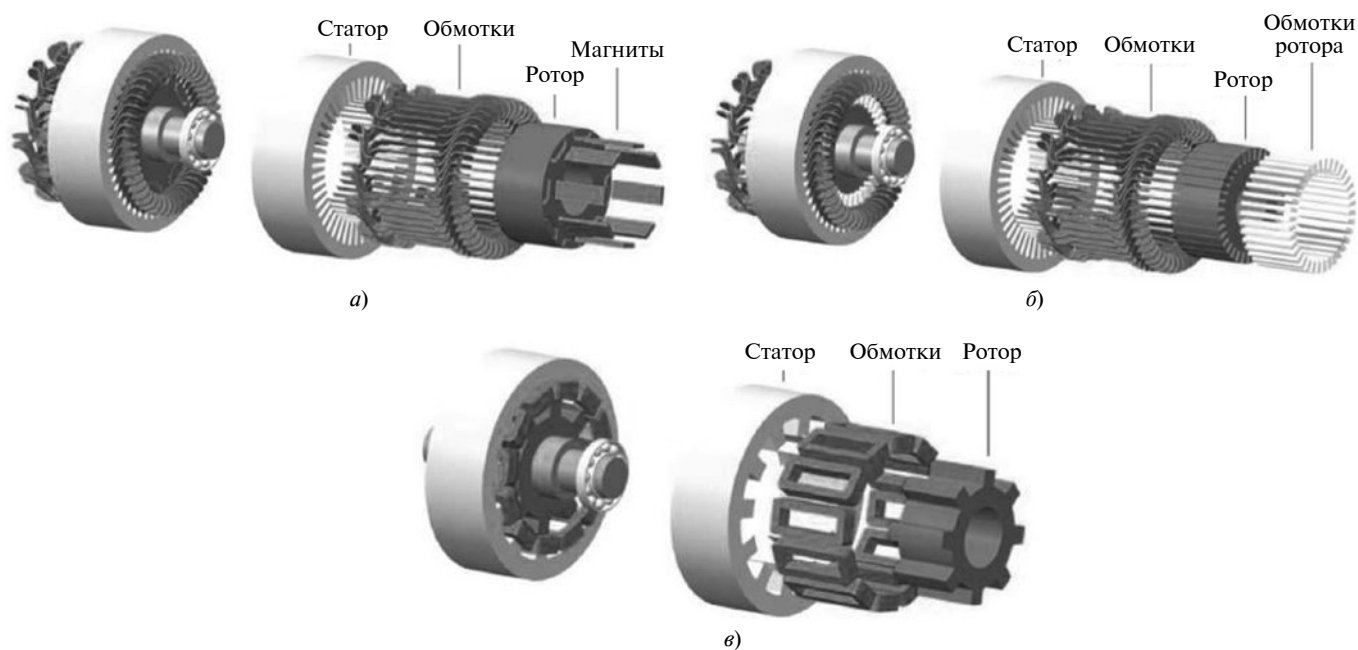


Рис. 1. Конструкции электрических машин в тяговом электроприводе [1]:
 а — IPMSM; б — IM; в — SRM

лей, каждый из которых обладает своими особенностями. Выбор того или иного типа двигателя для привода ведущих колёс — сложная и многокритериальная задача, но именно этот выбор и будет в значительной степени определять основные характеристики транспортного средства. На рис. 1 представлен общий вид конструкций электродвигателей основных типов, используемых для привода ведущих колёс транспортных средств.

Асинхронные машины

В асинхронной электрической машине магнитное поле, создаваемое токами статора, индуцирует напряжение на проводниках ротора, а токи ротора, взаимодействуя с магнитным полем, создают крутящий момент. Из-за отсутствия независимого возбуждения ротора, двигатель работает при меньшем значении КПД на низких скоростях вращения. На возбуждение ротора тратится дополнительная реактивная мощность. Для минимизации данной мощности необходимо воздушный зазор сводить к минимуму.

Потери в стержнях обмотки ротора. При этом от ротора затруднительно отводить тепло. А так как до половины потерь энергии приходится на ротор, данная проблема становится существенной и требует применения систем, осуществляющих охлаждение непосредственно ротора. Также высоки потери в меди статора из-за высоких намагничивающих токов, которые уменьшаются при снижении тока намагничивания в случае ослабления поля на высоких частотах вращения [2].

Для того, чтобы иметь максимальный КПД в рабочей точке, должно выполняться равенство электрических и магнитных потерь за счёт оптимизации конструкции ротора и статора, а также применения прогрессивных электротехнических материалов и методов

их изготовления. В серийных двигателях, питаемых от сети за счёт конструкции обмотки ротора с глубокими пазами достигается изменение его сопротивления, что позволяет увеличивать пусковой момент и ограничивать пусковой ток (рис. 2). При этом необходимо отметить, что форма паза и шлицов ("усов") в современных электрических машинах подлежит тщательной оптимизации на этапе проектирования.

Для асинхронных двигателей с инверторным питанием требуемый максимальный пусковой крутящий момент может быть легко достигнут путём регулирования напряжения и частоты. Поэтому в таких двигателях

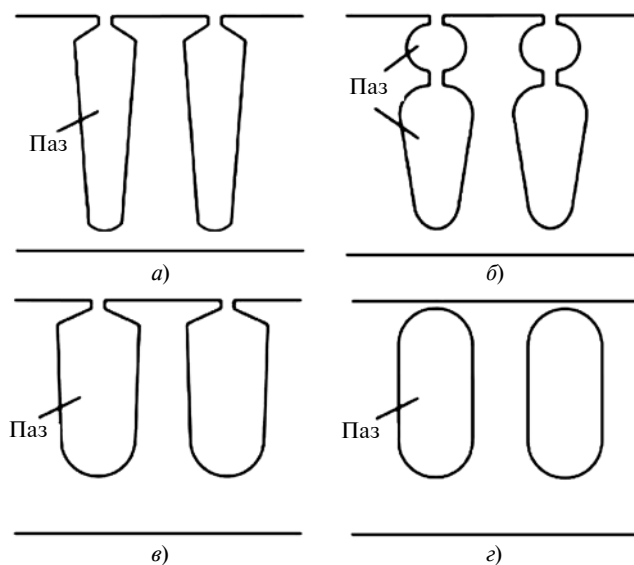


Рис. 2. Форма пазов ротора асинхронных электрических машин [3]:
 а — глубокие пазы; б — пазы с двойной беличьей клеткой; в — неглубокие и широкие пазы; г — пазы с круглым дном

часть используют неглубокие и широкие пазы ротора (рис. 2), что приводит к уменьшению сопротивления и индуктивности рассеяния обмотки ротора и позволяет поддерживать высокий КПД и коэффициент мощности в широком диапазоне частот.

Однако в процессе проектирования следует учитывать отрицательное влияние высших гармоник, создаваемых инвертором. Для уменьшения величины и состава высших гармоник магнитного поля в воздушном зазоре, и, как следствие уменьшения потерь от высших гармоник, применяются закрытые или полужакрытые пазы ротора. В данном отношении полезно принимать относительно большое и близкое количество пазов статора и ротора с большим количеством пазов на статоре [4].

Синхронные электромашин с постоянными магнитами

Данный тип современных электродвигателей имеет более высокие удельные характеристики по мощности 20 кВт/кг и крутящему моменту до 100 кНм/м³, а также существенно меньшие до трёх и более раз (в зависимости от мощности) лучшие массогабаритные характеристики, что обусловлено постоянным наличием магнитного поля ротора, создаваемого расположенными на нём полюсами, изготовленными на основе постоянных магнитов. Данный факт в первую очередь и определяет широкое применение данных двигателей в тяговых приводах электромобилей и электробусов. В работе [5] отмечается, что до 90 % рыночных моделей электромобилей используют данные двигатели с магнитами, имеющими в составе редкоземельные элементы. Их залежи и добыча сконцентрированы большей частью в Китае, что приводит к высокой зависимости автомобильных компаний, выпускающих электромобили и электробусы от поставок. Некоторое время назад наблюдался кризис в этой сфере. Поэтому компании более ответственно подходят к данному обстоятельству. Некоторые прорабатывают альтернативные конструкции тяговых двигателей без редкоземельных элементов, другие минимизируют их массу, а некоторые начинают входить в бизнес по добыче элементов и производству постоянных магнитов [5]. Необходимо отметить, что ротор синхронной электромашин на основе постоянных магнитов может содержать до 8–10 т редкоземельных элементов, например, в ветрогенераторах мощностью 10 МВт, а сами электромашин имеют мощность до 100 МВт. Правительством РФ № 2325 от 29.12.2020 определены сроки и список технологических операций поэтапной локализации полного цикла производства редкоземельных магнитов, как к продукции, произведённой на территории Российской Федерации.

В синхронном электродвигателе, как следует из его названия, магнитные поля статора и ротора вращаются синхронно с одинаковой скоростью. Однако в реальности в двигателе имеет место неравномерность распространения магнитного поля в воздушном зазоре из-за дискретного расположения обмоток в пазах статора и изменения магнитной проницаемости воздушного зазора, а также из-за пульсаций тока питающего преобразователя. Это приводит к появлению высших

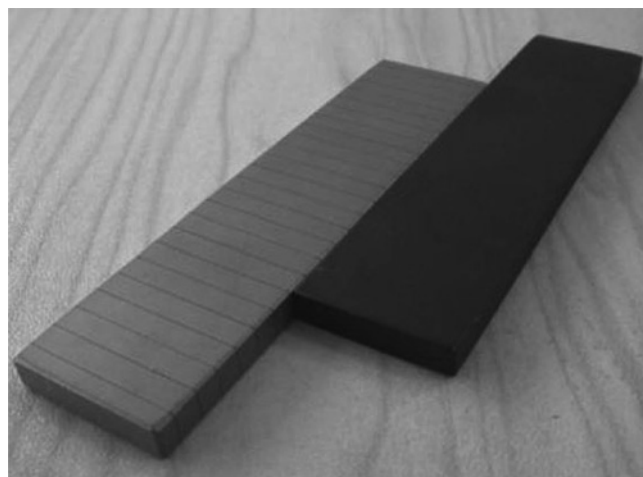


Рис. 3. Конструкция сегментированного полюсного постоянного магнита до (слева) и после (справа) защитного покрытия

асинхронных гармоник, частота которых не совпадает с частотой электрического двигателя. Данные гармоники наводят в машине вихревые токи в сердечнике ротора и металлических редкоземельных постоянных магнитов.

Чтобы снизить потери в двигателе, предпринимаются конструктивные мероприятия, связанные с оптимизацией электромагнитной конструкции. Так, например, в работе [6] была приведена методика по определению оптимального сочетания количества пазов статора и полюсов ротора. Для двухслойной обмотки оптимальное значение составляет 2,5 или 1,5 паза на полюс и 1,5 или 1 паз на полюс для однослойных обмоток. В работе [7] показано, что 14-полюсный *SPM*-электродвигатель обеспечивает на 13,3 % меньшее потребление энергии в цикле *NEDC*, чем его 10-полюсный аналог. Приводится пример электродвигателя с увеличенным на 14 % числом витков и меньшей на 13 % осевой длиной, что приводит к снижению энергопотребления в цикле *NEDC* на 5 % по сравнению с соответствующей электромашин с равным потоко-сцеплением и крутящим моментом. Отметим, что тщательная оптимизация величины q (паз/полюс/фаза) позволяет одновременно минимизировать потери, увеличить крутящий момент, снизить пульсации и зубцовый момент электромашин.

Хорошо себя зарекомендовали в приводах легковых электромобилей двигатели с сосредоточенными обмотками. Они позволяют получить высокий коэффициент заполнения паза, короткой длины лобовую часть обмотки, снижение потерь в меди, а также просты в изготовлении и укладке обмоток. Эффективной мерой снижения потерь на вихревые токи является сегментация магнитов [8, 9] (рис. 3). Помимо этого, данный тип обмотки допускает применение блочной конструкции статора из составных "зуба" и "спинки" статора, в том числе с применением трансформаторной анизотропной стали со сниженными потерями [8].

В некоторых электродвигателях используются профилированные обмотки, в которых профили проводников расположены параллельно силовым линиям [9].

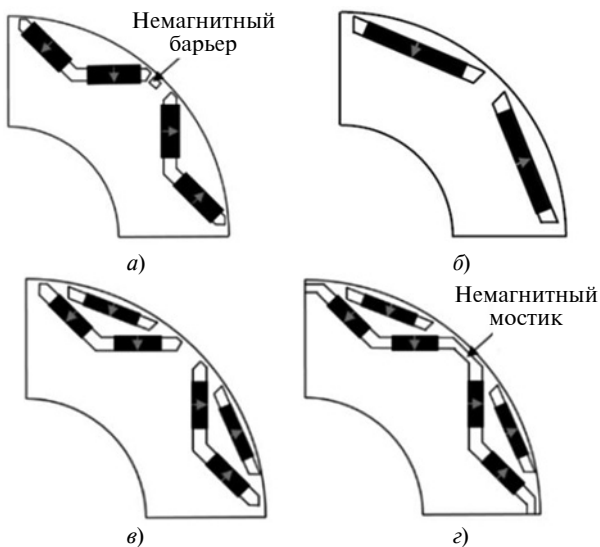


Рис. 4. Схемы расположения магнитов в IPM SM [3]:
 а — V-образная; б — тангенциальная; в — дельтаобразная; г — дельтаобразная с немагнитными мостиками

В некоторых конструкциях двигателей применяют стержневые обмотки из одного массивного проводника. Данные обмотки позволяют повысить КПД на 5 % на низких и средних частотах вращения. Однако на высоких скоростях вращения из-за поверхностного эффекта и эффекта близости КПД снижается. С помощью специальных схем обмотки имеется возможность бороться с этим негативным явлением [10]. В синхронных электромашин с постоянными магнитами, встроенными в ротор (IPM), чаще всего используются три различные схемы расположения магнитов: тангенциальная, V-образная и дельтаобразная (см. рис. 4).

V-образная схема характеризуется более высоким КПД, в то время как для тангенциальной схемы характерны невысокие пульсации крутящего момента. Однако КПД таких электромашин будет снижаться при увеличении ширины магнитного мостика между двумя V-образными магнитами [11].

В IPM электромашин с V-образной и дельтаобразной схемой расположения магнитов для уменьшения высших гармоник магнитного потока вдоль пути между магнитами и уменьшения потерь на вихревые токи в постоянных магнитах используют немагнитные мостики между магнитами (см. рис. 4, а, г) [3]. Магниты трапециевидальной формы и прямоугольные магниты с треугольными барьерами эффективны для снижения потерь от высших гармоник в стали в IPM электромашин тангенциального типа. Неравномерная геометрия воздушного зазора снижает влияние высших гармоник на потери в стали, которые уменьшаются до 50 % на высоких скоростях по сравнению с электромашин с равномерным воздушным зазором.

Вентильные индукторные электромашин

Вентильные индукторные электромашин (SRM) по сравнению с синхронными и асинхронными, имеют самую простую, надежную и недорогую в производстве конструкцию. Создание крутящего момента в

SRM достигается за счёт изменения магнитного сопротивления из-за разницы индуктивностей вдоль продольной и поперечной оси.

Благодаря своей конструкции SRM хорошо подходит для работы на высоких скоростях и в условиях высоких температур.

Главный недостаток обычного SRM — значительные пульсации крутящего момента. Кроме того, наличие больших радиальных магнитных сил притяжения вызывает повышенные вибрации и акустический шум. Практика показывает частый отказ подобного электропривода из-за выхода из строя подшипников [12]. Все конструктивные мероприятия, позволяющие с этим бороться, снижают выходной крутящий момент. Ввиду конструкции роторов их частота вращения ограничена приблизительно $5000\text{--}7000\text{ мин}^{-1}$ из-за большого сопротивления и трения о воздух, в отличие от синхронных двигателей с постоянными магнитами и асинхронных двигателей, роторы которых можно сделать гладкими.

Увеличение удельного момента, удельной мощности и КПД SRM возможно с увеличением количества полюсов статора и ротора и меньшем воздушном зазоре за счёт уменьшения диапазона регулирования при постоянной мощности и перегрузочной способности. Некоторые исследователи предпринимают попытки разработки SRM электромашин взамен IPM [13]. Разработанная электромашин меньше аналогичной IPM на 7 % его объёма и дешевле, по заявлениям авторов, на 50 % за счёт отказа от постоянных магнитов и использования прогрессивной электротехнической стали 10JNEX900 толщиной 0,1 мм, которая дороже в 6 раз широко выпускаемой электротехнической стали. Стоит отметить, что стоимость высокотемпературных неодимовых магнитов в Российской Федерации ниже, чем в Японии, примерно на уровне 100—150 долл. США/кг.

Синхронные реактивные электромашин с постоянными магнитами

Конструкция синхронных реактивных электромашин с постоянными магнитами PMaSynR является производной от конструкции синхронных реактивных электромашин (SynR), полученной путём установки постоянных магнитов в немагнитные зазоры ротора (рис. 5).

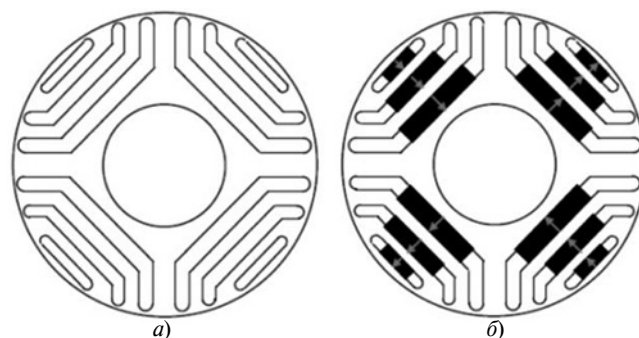


Рис. 5. Конструкция синхронного реактивного электродвигателя [3]:
 а — SynRM; б — PMaSynRM

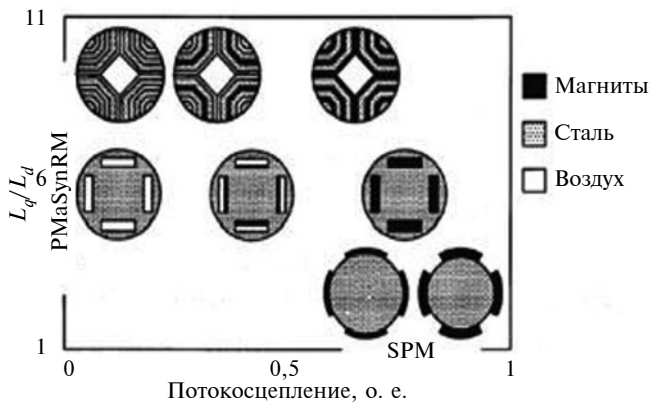


Рис. 6. График расположения различных топологий роторов электромашин с постоянными магнитами и РМаSynRM в координатах различных значений отношений индуктивностей L_q/L_d и потокосцеплений λ_{pm} постоянных магнитов, о. е. [14]

На рис. 6 показано расположение различных топологий роторов электромашин с постоянными магнитами и РМаSynRM на графике, где по вертикальной оси отложен коэффициент явнополюсности, рассчитываемый как отношение индуктивностей L_q/L_d , а по горизонтальной — потокосцепление ротора в относительных единицах. Для электромашин без постоянных магнитов $\lambda_{pm} = 0$.

Крутящий момент для неявнополюсных электрических двигателей определяется по формуле [14]:

$$M = \frac{3p}{2} (I_q \psi_f + (L_d - L_q) I_d I_q), \quad (1)$$

где I_d , I_q — d и q составляющие тока статора, проекции вектора тока статора на электрические оси d и q ; L_d , L_q — индуктивность статора по электрическим осям d и q ; p — число пар полюсов ротора; ψ_f — потокосцепление ротора.

Тем самым за счёт разности индуктивностей по осям d и q данные электрические машины развивают дополнительный реактивный момент. В конструкции четыре слоя барьеров (рис. 7, а) для магнитного потока располагаются на её оси d , что приводит к большой разнице индуктивностей между L_q и L_d [15]. Небольшое количество магнитов вставляется в магнитные

барьеры для создания вспомогательного активного крутящего момента. В электромашине, показанной на рис. 7, б, дугообразные магниты расположены отдельно в виде двух сегментов по оси d для обеспечения механической прочности ротора. Поскольку магнитная проницаемость магнита по оси d почти равна магнитной проницаемости воздуха по оси q , явнополюсность не ярко выражена. В электромашине, показанной на рис. 7, в, многослойные магнитные барьеры установлены на пути магнитного потока по оси q для подавления магнитного потока по оси q , чтобы получить небольшую L_q , а тонкие дугообразные магниты увеличивают L_d . Таким образом, создаётся электромашин с обратной явнополюсностью, в которой индуктивность L_d больше, чем L_q .

Отмечается, что электромашин с обратной явнополюсностью менее подвержены размагничиванию постоянных магнитов в сильных магнитных полях при перегрузках на малых скоростях, а также характеризуются большим моментом в области ослабления поля и более широким диапазоном постоянной мощности. Кроме того, отмечается более высокий КПД таких электромашин.

Кроме рассмотренных существуют неклассические конструкции электрических машин, которые в настоящее время активно исследуются, таких как электромашин с переключением магнитного потока (FSM) и многие варианты электродвигателей с осевым магнитным потоком (AFM). Несмотря на то, что этот тип электромашин имеет высокую удельную мощность, трудности при изготовлении ограничивают его использование.

Сравнение характеристик различных типов электромашин

Выбор тягового электрического двигателя необходимо выполнять по комплексу показателей и ключевых параметров (рис. 8) [16]. Как можно видеть на приведённых диаграммах синхронные электромашин с постоянными магнитами выигрывают сравнение по ряду показателей, таких как удельная мощность и КПД, а также по сумме оценок. Единственный показатель, по которому этот класс электромашин проигрывает асинхронным и вентильным-индукторным

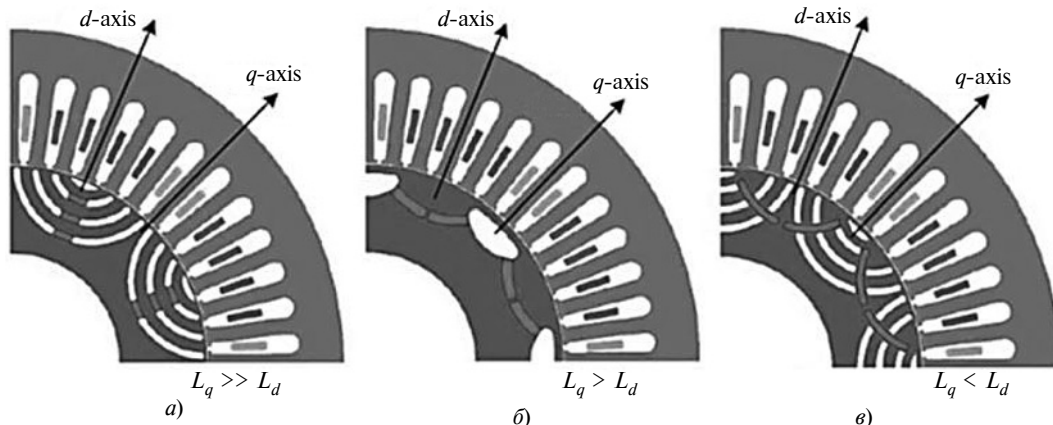


Рис. 7. Схемы поперечных сечений IPM-электромашин с различным соотношением индуктивностей по продольной и поперечной осям [16]

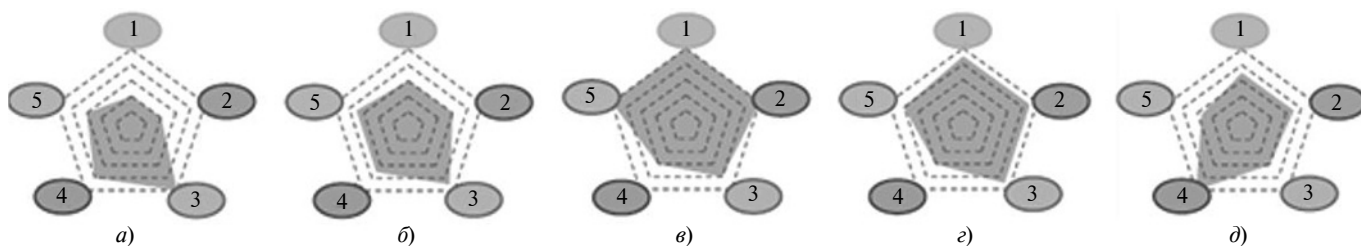


Рис. 8. Сравнение ключевых параметров различных типов тяговых электрических машин [17]:

а – DC; б – IM; в – PMSM; г – PMSynRM; д – SRM; 1 – удельная мощность; 2 – эффективность; 3 – управляемость; 4 – простота изготовления; 5 – стоимость

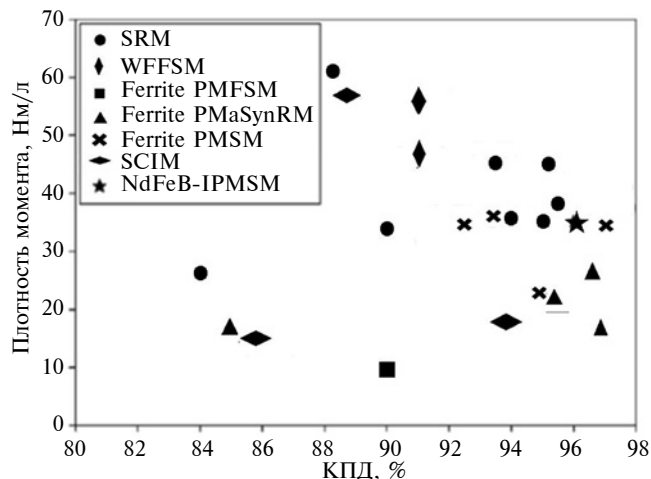


Рис. 9. Сравнение максимального КПД и удельного крутящего момента различных типов электродвигателей

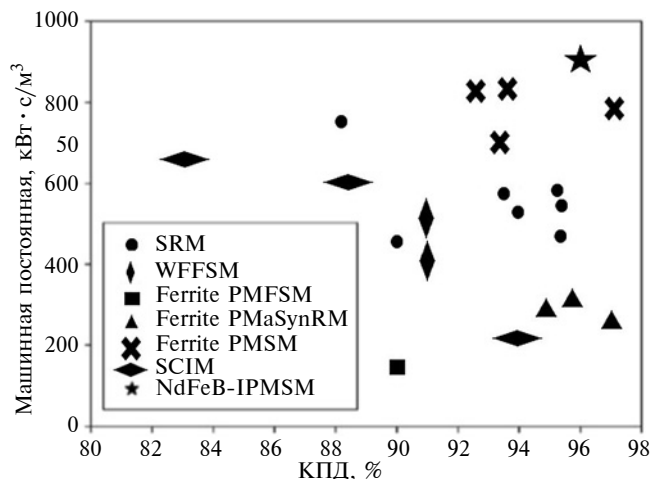


Рис. 10. Сравнение максимального КПД и машинной постоянной для разных типов электродвигателей [18]

электромашинам — это трудоёмкость изготовления, что обусловлено сложностью технологии изготовления, а также стоимостью.

На рис. 9 и 10 показано сравнение максимального КПД электродвигателей различных типов и соответственно удельного крутящего момента [17] и машинных постоянных, определяемых по формуле:

$$C_M = \frac{P_M}{D^2 l_a n_{\text{ном}}}, \quad (2)$$

где P_M — механическая мощность, кВт; D — диаметр расточки статора, м; l_a — активная длина статора, м; $n_{\text{ном}}$ — номинальная частота вращения, рад/с.

То какой тип тягового двигателя применить на транспортном средстве и какие конструктивные особенности он должен иметь, зависит от конкретного применения. Более того, разработчики должны учитывать не только технические особенности, но также стоимость изготовления и обслуживания компонента. Также следует всегда иметь в виду факт об экономическом состоянии на рынке сырья, а также политическую ситуацию. Для коммерческих пассажирских автотранспортных средств наиболее большой вес в определении вида двигателя несёт такой критерий, как стоимость изготовления и обслуживания [18]. Немаловажные также факторы безопасности, надёжности, а также высокие удельные показатели.

Для повышения удельных показателей по мощности и крутящему моменту производители различных

видов транспорта стремятся применять тяговые электрические двигатели с интегрированными в конструкцию двигателя элементами тягового преобразователя (рис. 11). Также в таких конструкциях разработчики широко применяют аддитивные технологии для изготовления конструктивных элементов.

Представленные результаты показывают, что некоторые из рассмотренных электродвигателей, не содержащих редкоземельные элементы, могут достигать аналогичных эксплуатационных характеристик с точки зрения плотности крутящего момента, эффектив-

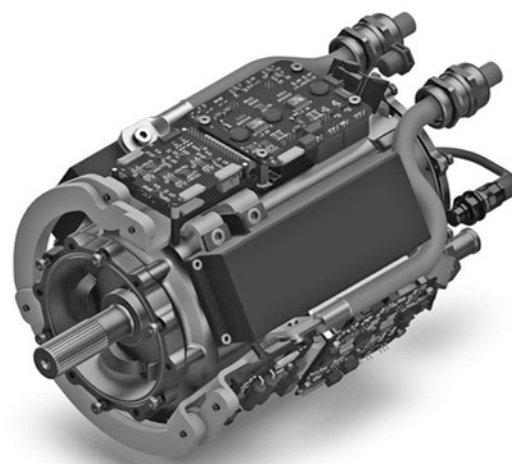


Рис. 11. Общий вид перспективной конструкции тягового привода

ности или машинной постоянной по сравнению с современными электродвигателями на основе редкоземельных магнитов. Вдобавок некоторые из них имеют другие интересные заявленные особенности, включая более низкую стоимость, лучшую прочность (надёжность), работу при более высоких температурах, невозможность размагничивания, более широкий диапазон регулирования скорости при постоянной мощности или высокий КПД, что является очень привлекательной особенностью для расширения диапазона транспортных средств. В результате при работе с конкретным приложением его необходимо детально проанализировать, чтобы выяснить, какой тип электродвигателя может соответствовать целевым значениям.

Литература

1. Making the Case for Electrified Transportation / Bilgin B., Pierre Magne P., Malysz P., Yang Y., Pantelic V., Matthias Preindl M., Kobrokin A., Weisheng Ji W. // IEEE Transactions on Transportation Electrification. — June 2015. — Vol. 1. — Issue 1. — P. 4–17.
2. Comparative study of interior permanent magnet, induction, and switched reluctance motor drives for EV and HEV applications / Yang Z., Shang F., Brown I., Krishnamurthy M. // IEEE Transactions on Transportation Electrification. — Oct. 2015. — Vol. 1. — Issue 3. — P. 245.
3. Design Approaches and Control Strategies for Energy-Efficient Electric Machines for Electric Vehicles — A Review / Shao L., Ahu Ece Hartavi Karci; Tavernini D., Sornioti A., Cheng M. // IEEE Access. — 2020. — Vol. 8. — P. 116900–116913.
4. A cast copper rotor induction motor for small commercial EV traction: Electromagnetic design, analysis, and experimental tests / Zhang Q., Liu H., Zhang Z., Song T. // CES Transactions on Electrical Machines and Systems. — Dec. 2018. Vol. 2. — Issue 4. — P. 417–424.
5. Schmid M. Challenges to the European automotive industry in securing critical // Cambridge University Press Mineralogical Magazine. — 2020. — № 84. — P. 5–17.
6. An Overview of Rotor Losses Determination in Three-Phase Fractional-Slot PM Machines / Bianchi N., Bolognani S., Fornasiero E. // IEEE Transactions on Industry Applications. — Nov.-Dec. 2010. — Vol. 46. — Issue 6. — P. 2338–2345.
7. Design Optimization of a Surface-Mounted Permanent-Magnet Motor With Concentrated Windings for Electric Vehicle Applications / Wang J.,

- Yuan X., Atallah K. // IEEE Transactions on Vehicular Technology. — March 2013. — Vol. 62. — Issue 3. — P. 1053–1064.
8. Пат. 2682895 Российская Федерация, МПК H02K 1/18. Статор электрической машины и способ его сборки / Тишин А.М., Дорошенко А.Н.; заявитель и патентообладатель ООО "Полимагнит". — № 2018104576; заявл. 6.02.2018; опубл. 22.03.2019, Бюл. № 9. — 19 с.
 9. Additive Manufacturing of Shaped Profile Windings for Minimal AC Loss in Electrical Machines / N. Simpson, D.J. North, S.M. Collins, P.H. Mellor // IEEE Transactions on Industry Applications. — 2020. — Vol. 56. — Issue 3. — P. 2510–2519.
 10. Comparative Thermal Analysis of IPMSMs With Integral-Slot Distributed-Winding (ISDW) and Fractional-Slot Concentrated-Winding (FSCW) for Electric Vehicle Application / Fan X. et al. // IEEE Trans. Ind. — Appl. 2019. — Vol. 55. — № 4. — P. 3577–3588.
 11. A Comprehensive Review of Flux Barriers in Interior Permanent Magnet Synchronous Machines / Sayed E., Yang Y., Bilgin B; Mohamed H. Bakr, Ali Emad // IEEE Access. — 2019. — Vol. 7. — P. 149168–14918.
 12. Анучин А.С. Разработка цифровых систем эффективного управления комплектов тягового электрооборудования гибридных электрических транспортных средств: диссертация док. техн. наук.: 05.09.03. М., 2018. — 445 с.
 13. Mutually Coupled Switched Reluctance Motor: Fundamentals, Control, Modeling, State of the Art Review and Future Trends / Azer P., Bilgin B., Emadi A. // IEEE Access. — 2019. — Vol. 7. — P. 100099–100112.
 14. Калачев Ю.Н. Векторное регулирование (заметки практика). — Москва: ЭФО, 2013. — 72 с.
 15. Comparative Study of IPM Synchronous Machines with Different Saliency Ratios Considering EVs Operating Conditions / By Wenye Wu, Xiaoyong Zhu, Li Quan, Yifeng Hua, Qing Lu // Progress In Electromagnetics Research M. — 2018. — Vol. 71. — P. 19–29.
 16. High Power Density Electrical Machines for Electric Vehicles — Comprehensive Review Based on Material Technology / Ramesh P., Lenin N.C. // IEEE Transactions on Magnetics. — Nov. 2019. — Vol. 55. — Issue 11. — P. 1–21.
 17. Rare-earth-free propulsion motors for electric vehicles: A technology review / Riba Jordi-Roger, Carlos López-Torres, Romeral Luis, Garcia Espinosa Antonio // Renewable and Sustainable Energy Reviews. — 2016. — Vol. 57. — P. 367–379.
 18. Influence of Rotor Design on Electromagnetic Performance in Interior Permanent Magnet Machines / Transi T., Murataliyev M., Degano M., Gerada D., Gerada G. // IECON2020 The 46th Annual Conference of the IEEE Industrial Electronics Society. — 18–21 Oct. 2020. — P. 1021–1026.

УДК 629.3.027.5

О ТЕОРИИ КАЧЕНИЯ И ПЯТОМ КОЛЕСЕ ТЕЛЕГИ*

Канд. техн. наук **ПОЖИДАЕВ С.П.**

Национальный университет биоресурсов и природопользования Украины (spozhy2@ukr.net)

В статье проанализированы основные замечания, высказанные в критической работе В.И. Копотилова "О новой теории качения и методах её построения", посвящённой статье С.П. Пожидаева "Ещё раз об основах теории качения эластичного колеса".

Ключевые слова: эластичное колесо, теория качения, радиусы колеса.

Pozhydaiev S.P. ABOUT THE THEORY OF ROLLING AND THE FIFTH WHEEL OF THE CART

The article analyzes the main remarks made in the critical work of V.I. Kopotilov "About the new theory of elastic wheel rolling and

methods of its construction", dedicated to the article by S.P. Pozhydaiev "Once again about the bases of the theory of elastic wheel rolling".

Keywords: elastic wheel, rolling theory, wheel radii.

О принципе возможных перемещений и методах составления уравнений. На с. 24 статьи [1] оппонент утверждает о неприменимости к теории качения принципа возможных перемещений и о нашем якобы подлоге, заключающемся в апеллировании к Р. Декарту, который *"вообще не имел никакого отношения к принципу возможных перемещений"*, так как умер задолго до его появления. Это уже серьёзно — оппонент шархнул из двустволки. Примечательно, что наше упоминание о Р. Декарте сопровождалось конкретной ссылкой. Однако оппонент не удостоил её своим вниманием, а с ружьём наперевес бросился восстанавливать историческую справедливость, обвиняя нас в *"приниципавании авторам того, чего у них в действительности нет"*. Такой метод работы уважаемого оппонента красной нитью проходит по всей его статье.

* Окончание. Начало — см. АП, 2021, № 6.

Но мы вольны и не доказывать свою правоту. Ведь конечные результаты, полученные с помощью этого принципа, точно совпадают с материалами стандарта [3], являющегося результатом многолетней работы большого коллектива учёных. Однако можем и обратиться к литературным источникам.

История принципа возможных перемещений изложена на с. 131—138 работы [17]. Часть информации из неё приведена в трёх последующих абзацах. Прямым шрифтом набраны сведения в нашем изложении, дословные цитаты представлены курсивом, жирным шрифтом отмечены выделения в оригинале. Даты рождения и смерти учёных проставлены нами.

Лагранж приписывает открытие этого, как он выражался, "закона", сформулированного на примере рычага и полиспаста, итальянцу Гвидо Убальдо (1545—1607). Но *"в зачаточной форме он уже встречается нам в античной механике (у псевдо-Аристотеля). <...> В более развитой форме его используют в эпоху возрождения (Леонардо да Винчи). <...> к началу XVI века принцип возможных перемещений уже не был новостью. <...> в руках Галилея (1564—1642) этот метод обнаружил неизмеримо большую силу и общность. <...> До Галилея никто не предполагал, что этот принцип может быть справедливым не только в теории простых машин. <...> на протяжении более чем 40 лет принцип возможных перемещений служит в руках Галилея постоянным инструментом для научного исследования. <...> Наконец (и это самое значительное) — он объявляет принцип общим законом всех механических действий"*.

"Зародившись в теории простых машин как простое следствие закона равновесия рычага, принцип возможных перемещений приобретал всё большую общность и самостоятельность. Из индуктивного следствия <...> он постепенно превратился в начало, из которого уже дедуктивным путём извлекали новые результаты. В руках Галилея начало превратилось в средство для изучения равновесия твёрдых и жидких тел. Декарт положил это начало в основание всей статики, используя его как единый исходный принцип".

В "Трактате по механике" Р. Декарта (1596—1650) *"исследование начинается с общего принципа, так что теория каждой машины есть не что иное, как приложение этого принципа к частному случаю <...> здесь впервые, насколько нам известно, показано, что решение целого ряда механических задач может опираться на единственный принцип. <...> Благодаря трудам И. Бернулли (1667—1748) и П. Вариньона (1654—1722) принцип возможных перемещений приобрел полную общность <...>. Осталась одна, зато нелёгкая задача: дать принципу доказательство, т.е. свести его к другому положению, которое может считаться очевидным"*. Эту задачу выполнили в XVIII веке Лагранж (1736—1813) и Фурье (1772—1837).

Получается, что подлогом занимаемся не мы, а наш уважаемый оппонент: принцип возможных перемещений был известен задолго до рождения Декарта. Ружьё дало первую осечку.

Смысл слов *"общий закон всех механических действий"* также не требует объяснений. Принцип возможных перемещений — это средство прямого примене-

ния закона сохранения энергии, действующего всегда и везде, на Земле и на Луне, в воде и в воздухе, при покое, равномерном движении, ускорении и при замедлении твёрдых тел и жидких сред, в голономных и неголономных системах, при идеальных и неидеальных связях, при активных, реактивных, внешних и внутренних силах и т.п.

Лагранж положил данный принцип в основу уравнения виртуальных работ, составляемого для определения обобщённой силы, которая является правой частью уравнений, называемых нынче его именем. Эти уравнения являются одним из наиболее мощных и общих инструментов аналитической механики, и обладают точно такой же общностью, как и закон сохранения энергии. И неголономность связей этому совершенно не препятствует. Благодаря принципу освобождения от связей уравнения неголономной системы записываются в виде обычных уравнений и затем решаются без каких-либо проблем [18, с. 324]. Ружьё дало и вторую осечку.

Но допустим, что мы, понадеявшись на ненаучные методы всяких малообразованных галилеев с декартами да лагранжами, неправильно выводили свои уравнения. А оппонент на примере уравнения (4) блестяще продемонстрировал правильный научный метод: "Вот есть момент, вот расстояние между линиями действия сил, любому известно, что первое надо делить на второе, какие могут быть сомнения?". Но это же копия доисторических методов: "Вот есть Солнце, вот небо, любому видно, что первое движется по второму, какие могут быть сомнения?" А на то обстоятельство, что расстояние между линиями действия сил неприменимо к эластичному колесу, оппонент как-то не обратил внимания.

Таким образом, все доказательства непригодности принципа возможных перемещений представляют собой обыкновенное словоблудие, набор первых попавшихся под руку фейков и несерьёзных аргументов, применяемых для отрицания всего и вся, что не совпадает с мнением оппонента. Но не будем строго судить его. Однажды нам довелось беседовать с молодым, очень энергичным и очень перспективным доктором технических наук, деканом механического факультета одного из престижных вузов Киева. Оказалось, что этот выдающийся деятель современности тоже понятия не имеет о принципе возможных перемещений, и даже оказался неспособен уловить его суть. Он был непреклонен и в заключение беседы назидательно изрёк: "Это не научный метод". Так что уважаемый оппонент не одинок в своих убеждениях, он имеет право на своё мнение и у него есть авторитетные единомышленники. Они тоже считают труды Галилея, Лапласа, Декарта и прочих парето лагранжами пустой мебелью.

О прочих критических замечаниях. Все остальные замечания оппонента не стоят бумаги, которая должна быть истрачена на ответы. Но мы дадим ответы и на некоторые из них, ибо оппонент может утверждать, что самое серьёзное его замечание проигнорировано.

Прежде всего отметим, что оппонент совершенно не вникал в содержание нашей работы. Он неисчис-

лимое количество раз упрекает нас в прославлении "кинематического" радиуса, хотя в нашей работе такой термин ни разу не упоминался, а понятие, им обозначаемое, не применялось. На с. 22 оппонент пространно рассуждает об этом радиусе и о динамическом. Но разговор о них считаем пустой тратой времени.

Оппонент возмущается, что ряд положений, полученных нами, совпадает с общеизвестными положениями теории качения. Прежде всего, интересно следующее: с одной стороны он утверждает об ошибочности всего и вся в нашей статье, а с другой стороны — что всё это давно известно. Как это совместить? В работе [2] мы предупреждали, что часть наших положений неизбежно *"должна совпасть с положениями нынешней теории качения"*. Ведь чтобы выявить возможные нелогичности в нынешней теории качения, её всё надо было перепроверить с единых позиций, от начала до конца. И без купюр изложить полученные результаты. Чтобы читатель убедился в их связности и достаточности для описания работы эластичного колеса при равномерном его движении. А также в том, что объективной необходимости в применении динамического радиуса не имеется.

На с. 23 оппонент критикует формулу (5) нашей работы [2] — $v = r\omega$. Он совершенно не понял, что мы привели её как наглядный пример общеизвестного соотношения, справедливого в теоретической механике, но непригодного для эластичного колеса. И предупредили, что это не случайность, а сигнал, звонок о том, что эластичное колесо нельзя бездумно рассматривать как твёрдое тело, так как при этом возможно возникновение подвохов. И к ним надо быть готовым, именно это отличает научных работников от бездумных начётчиков — много знающих, но мало понимающих. Наш вывод заключался в том, что любое рациональное суждение, базирующееся на представлениях теоретической механики, может вдруг оказаться непригодным для эластичного колеса. Но оппонент не прислушался, и на с. 26 поплатился за это, гордо явив читателям своё мертворождённое детище — неприменимое для эластичного колеса уравнение (4).

На с. 23 оппонент правильно пишет, что *"общие принципы механики базируются на частных постулатах"*. Но действует иначе — подменяет общие принципы частными постулатами. А они применимы только для отдельных частных случаев. Например, формула вида (4) справедлива только для жёстких колёс, у которых динамический радиус и радиус качения без скольжения одинаковы. А общие принципы применяются для целого ряда различных частных случаев. Например, формула вида (3) справедлива для колёс с произвольным сочетанием упомянутых радиусов, в том числе и для жёстких.

На той же странице статьи оппонент упрекает нас, что одну и ту же силу мы называем то продольной реакцией дороги на ведомое колесо, то силой сопротивления качению колеса. Нам стыдно за это замечание оппонента. Оно компрометирует всех научных работников в глазах рядовых инженеров. Неужели кандидат технических наук не понимает, что это различные названия одной и той же силы, представленной в раз-

личных ракурсах? По своей природе она является силой трения в пятне контакта, по расположению и ориентации в пространстве — продольной силой дороги, по отношению к колесу — реакцией. А функция этой силы заключается в том, что она препятствует качению колеса, согласно чему её можно называть ещё и силой сопротивления. Эти характеристики не противоречат, а дополняют друг друга.

Нам также стыдно за приведённое на с. 24 замечание кандидата наук о том, что сила сопротивления качению колеса, направленная на нашем рисунке против хода его движения — это ошибка. Неужели оппонент полагает, что сила сопротивления качению направлена в сторону движения колеса? Но от него можно этого ожидать, ибо в работах [19] он всерьёз предлагал считать силы сопротивления качению и воздуха полезными для автомобиля. Показательно, что в этих работах он тоже обвинял своих коллег во всевозможных грехах — что их работы надуманны, составлены интуитивно, не имеют не только никакого теоретического обоснования, но и ясного физического смысла. А у него было *"научно обосновано"*, что силы сопротивления являются полезными. И с физическим смыслом всё было ясно — чем больше размер сил сопротивления движению автомобиля, тем это лучше для него. А кому это не ясно — тот не разбирается в механике автомобиля. Мы писали об этом в работе [20], но, как видим, оппонент своими принципами не поступается.

На с. 25 оппонент не согласен, что радиус качения колеса без скольжения *"является универсальной характеристикой эластичного колеса, единой для определения его кинематических и силовых свойств"*. Готовый ответ оппоненту имеется в стандарте [3]. Его пункт 29 информирует, что коэффициент продольного скольжения колеса s формируется с участием радиуса качения колеса без скольжения r_k . А произведение $\omega_k r_k$, расположенное в знаменателе приведённой в этом пункте формулы, представляет собой продольную составляющую поступательной скорости колеса, движущегося без скольжения, т.е. продольную составляющую теоретической (потенциально возможной) поступательной скорости движения. Таким образом, скоростные показатели работы колеса (теоретическая скорость и коэффициент продольного скольжения) формируются с участием радиуса качения колеса без скольжения. А пункты 38 и 73 информируют о том, что этот же радиус формирует и силовые показатели — полную окружную силу и силу сопротивления качению колеса. Следовательно, радиус качения без скольжения действительно является универсальной характеристикой эластичного колеса, наше утверждение было обоснованным.

Далее на с. 25 статьи оппонент измывается над нашими словами о том, что момент сопротивления качению ведомого колеса можно полагать фиктивным, что этим самым мы отказываемся признавать его существование. Он нас не понял. Мы не отрицаем существование этого момента, и это очевидно из нашего текста. Но при обобщённом описании работы ведомого колеса (необходимом при рассмотрении работы автомобиля в целом) нет объективной необходимости

выводить этот момент на передний план, рассматривать его в явном виде. Для этого нам достаточно значения силы сопротивления качению ведомых колёс. А момент сопротивления качению существует, но является "внутренним" фактором, не обязательным для упоминания. Надо отдавать себе отчёт в том, какие факторы в том или ином контексте являются определяющими, а какие — второстепенными, теньвыми.

Точно такая же ситуация и с колесом, работающим в свободном режиме, — при его рассмотрении в обобщённом виде достаточно иметь значение момента сопротивления качению, а силу сопротивления качению нет необходимости в явном виде вводить в рассмотрение. Она имеется, но при описании данного режима движения не выводится на передний план.

На той же странице своей статьи оппонент сознаётся, что не понимает, почему математическое описание работы колеса в ведомом режиме качения отличается от описания в свободном режиме. Но ответ заложен в самом вопросе — потому что это различные режимы качения. В ведомом режиме качения колесо приводится во вращение приложенной к его оси продольной силой, вследствие чего описание работы колеса должно опираться на эту силу. А в свободном режиме колесо приводится во вращение приложенным к нему крутящим моментом, вследствие чего описание работы колеса должно опираться на этот момент.

Страница 26 статьи [1] начинается с анализа точности словесных формулировок. Сообщается, что наша фраза *"приложенный к колесу ведущий момент M_k преобразуется в пару двух противоположно направленных продольных внутренних сил"* некорректна. Якобы надо писать, что момент *"выражает поворачивающее действие силовой пары активных внутренних сил, которые подводятся к ведущему колесу"*. Но мы считаем, что фраза оппонента больше подходит для определения понятия крутящего момента, чем для информации о том, что подведённый к колесу крутящий момент как бы меняет свой облик, превращаясь из физической величины, в которой силы в явном виде не присутствуют, в пару явных сил. Но если оппонент считает, что мы неправы, то согласимся с ним.

Оппонент беспримерно щепетильно относится к вопросу о том, какая же сила из двух встречно направленных сил уравнивает другую — сила А уравнивает силу Б или сила Б уравнивает силу А, или они вообще не уравнивают друг друга, а только противодействуют друг другу. Мы согласны, что правильные формулировки важны. Но если оппонент считает возможным пренебрегать единицами измерения числовых величин, то нам непонятно, почему он вдруг воспылил страстью к точности словоупотребления. Такая непоследовательность является приметой схоластического мышления.

На с. 26 оппонент справедливо указывает на ошибки в наших формулировках по поводу плоскопараллельного движения колеса и того, что преобразование мощности осуществляется не колесом, а тормозным механизмом. Но называть неправильные формулировки *"грубыми ошибками, которые совершенно недопустимы"* — это излишне. Грубые ошибки — это когда кан-

дидат технических наук полагает, что силы сопротивления качению колёс направлены вперёд по ходу движения автомобиля и являются полезными для него.

Но если уж мы затронули терминологию, то отметим, что оппонент тоже не безгрешен. Он применяет давно изъятый из употребления термин "кинематический радиус", отождествляет его с термином "радиус качения без скольжения", не видит разницы между терминами "размерность" и "единица измерения", всё время применяет термин "величина" в его обыденном смысле "размер", а не в научном смысле, определяемом пунктом 3.1 стандарта [14]: *"величина — свойство материального объекта или явления, общее в качественном отношении для многих объектов или явлений, но в количественном отношении индивидуальное для каждого из них"*. Вследствие этого *"нельзя говорить или писать "величина массы", "величина площади", так как эти характеристики (масса, площадь) сами являются величинами. В этих случаях следует применять термины "размер величины" или "значение величины"*» — с. 10 справочного пособия [21]. Но мы не драматизируем значение этих неточностей.

В предпоследнем абзаце с. 26 оппонент неправ. Мы рассматриваем простейший случай — равномерное движение, для которого и составили уравнение (29). Ведь тормозящее колесо не обязательно должно двигаться с замедлением — торможение может осуществляться и при равномерном движении на спуске, и при движении автомобиля на буксире за тягачом. Опять патрон истрачен зря.

Оппонент упрекает, что полученные нами результаты применимы только к одному частному случаю — равномерному движению колеса, и неприменимы к случаям неравномерного движения колеса. Но мы и не ставили перед собой такую задачу, и предупреждали об этом читателей. Прежде, чем создавать интегральное исчисление, надо создать корректную таблицу умножения. А пока она не создана, то ничего хорошего из интегрального исчисления не получится. Рене Декарт, по словам А.Н. Крылова, свои правила умозаключений свёл к четырём пунктам [11, с. 24]:

"1. Ничего не принимать за истинное и не включать в свои заключения, кроме того, что разумом ясно признаётся таковым."

2. Всякий вопрос расчленять на столько частей, чтобы решение этим возможно более упрощалось."

3. Всегда начинать с того простейшего, в которое легко вникнуть, и постепенно восходить к постижению более сложного. Даже в том, что не представляет естественной последовательности, устанавливать определённое упорядочение."

4. Для всего устанавливать настолько полные перечни и обзоры, чтобы быть убежденным, что ничего не пропущено."

Если надо будет рассматривать неравномерное движение колеса, то в наши схемы сил надо будет всего лишь ввести силы и моменты инерции. Но — опять повторимся — мнение Р. Декарта — не догма. Он излагал своё видение научной методологии, а схоластики могут иметь совсем другое. Они предпочитают разрабатывать всё вместе и сразу.

Что касается первого абзаца на с. 27, то развёрнутый ответ на него дан в тексте, расположенном перед формулой (3) данной статьи. Динамический радиус не имеет никакого отношения к преобразованию тормозного момента в продольную силу колеса.

Оппонент не согласен с нашей квалификацией состояния дел в теории качения как хаотической. Однако сама работа [1] представляет собой блестящий пример этого хаоса и отсутствия хоть на какой-нибудь системности. Если бы оппонент был последователен, то акцентировал бы внимание на нескольких самых основных недостатках нашей работы, которые рубят её "под корень", а об остальных, не имеющих принципиального значения, снисходительно упомянул бы лишь вскользь, в заключение своей статьи.

Для систематического построения любой научной теории надо очень мало — всего лишь придерживаться изложенных выше рекомендаций Р. Декарта. Например, в теории качения до сих пор не решен вопрос, можно ли совместно решать уравнения:

$$M_k = P_{ко}r_d + R_z b; \quad (7)$$

$$M_k = P_{ко}r_k + R_z a, \quad (8)$$

где R_z — нормальная реакция опорной поверхности; b — продольный снос нормальной реакции; a — плечо сопротивления качению.

А причиной этой проблемы является несоблюдение первых трёх пунктов правил умозаключений Р. Декарта. Прежде всего, эти уравнения нельзя решать совместно до тех пор, пока не установлена бесспорная истинность каждого из них. А установление истинности осложнено отсутствием расчленения уравнений на более простые части. По этой же причине в уравнениях нет и выделения "того простейшего, в которое легко вникнуть".

Вследствие всего этого оппонент полагает, что данная система уравнений правомерна, так как различие между значениями произведений $P_{ко}r_d$ и $P_{ко}r_k$ в том и другом уравнениях непринципально, ибо "обусловлено лишь тем, что в уравнении мощностного баланса В.А. Петрушов не учёл затраты мощности на трение в пятне контакта шины" [1].

Но такое объяснение — подмена тезиса, уклонение от сути проблемы. Ведь вопрос заключается не в балансе числовых значений левых и правых частей уравнений, на который могут влиять какие-то неучтённые затраты мощности. Он заключается в том, **правомерно ли одновременное существование двух различных факторов**, определяющих взаимосвязь между крутящим моментом M_k и полной окружной силой $P_{ко}$, а именно: динамического радиуса r_d и радиуса качения r_k ?

А наличие, природа или размер потерь мощности в колесе проходят "по другому ведомству" и на формулировку поставленного вопроса не влияют. Например, энергетический КПД современных эластичных шин достигает 98—99 %, вследствие чего без всяких натяжек шины можно считать практически идеальными устройствами, не имеющими внутренних потерь энергии. В таком случае с погрешностью не более 2 % уравнения (7) и (8) можно заменить идеализированными уравнениями $M_k = P_{ко}r_d$ и $M_k = P_{ко}r_k$ соответ-

ственно. Они в "чистом виде" демонстрируют взаимосвязь крутящего момента и полной окружной силы колеса. Из них очевидно принципиальное различие уравнений, видно, что они могут быть одновременно справедливыми только в том случае, если величины r_d и r_k будут одинаковыми. То есть, если эти два уравнения будут тождественными. Но это означает, что мы имеем дело только с одним уравнением, никакой системы уравнений нет, их совместное решение бессмысленно.

А теперь положим, что шины неидеальны и существенная часть крутящего момента, например 40 %, затрачивается на преодоление внутренних сил трения в шине. В таком случае в полную окружную силу колеса будут преобразовываться не все 100 % момента, а только 60 %, вследствие чего размер полной окружной силы тоже уменьшится на 40 %. Уравнения примут вид соответственно $0,6M_k = 0,6P_{ко}r_d$ и $0,6M_k = 0,6P_{ко}r_k$. Но формулировка вопроса останется той же: правомерно ли одновременное существование двух различных факторов, определяющих взаимосвязь между крутящим моментом $0,6M_k$ и полной окружной силой $0,6P_{ко}$: динамического радиуса r_d и радиуса качения r_k ?

И незаменимым инструментом для расчленения и упрощения уравнений является абстрагирование от второстепенных факторов и идеализация объектов исследований. Они дают возможность в "чистом виде" выделять нужные для исследования факторы. Идеализированными моделями пользуются во всех сферах науки. Теоретическая механика изучает идеализированные абсолютно жёсткие тела, механика жидкостей — идеализированные жидкости, в теплотехнике пользуются понятиями идеальных термодинамических циклов, в электротехнике изучают несуществующие в природе идеальные цепи с активным, индуктивным или ёмкостным сопротивлением, а затем комбинируют из них реальные цепи, имеющие все эти виды сопротивлений одновременно.

Благодаря идеализации винтового домкрата мы буквально "на пальцах" вывели уравнение (6) и получили принципиально новое определение момента силы, "посягнув" на представления всех ранее живших титанов науки. Если бы эту задачу решал схоластик, то он начал бы с построения самых изощрённых формул для возможно более точного определения сил трения в домкрате с учётом действующих в нём контактных напряжений, скоростей относительного перемещения сопрягаемых деталей и свойств смазочных материалов с учётом их старения. На этом материале он бы блестяще защитил солидную диссертацию, стал авторитетным учёным механиком и создал свою научную школу, базирующуюся на доисторических представлениях о моменте силы.

Абстрагирование и идеализация позволяют на самом начальном этапе работы отсеять всё второстепенное и чётко структурировать показатели работы объекта исследований, улучшив при этом и семантическую сторону научной деятельности ("кто ясно мыслит — ясно излагает"). Например, преподавателям хорошо известна проблема вечного смешивания студентами понятий полной окружной силы колеса $P_{ко}$ и

силы P_d , равной $P_{ко} - P_f$. И причина этого — не в неадекватности студентов. Их устами глаголит истина о несовершенстве научной терминологии. А примененное для величины $P_{ко}$ термина "теоретическая сила тяги", а для величины P_d — термина "действительная сила тяги" раз и навсегда снимет данную проблему. Студенту не надо будет ничего заучивать — всё будет ясно без лишних слов.

Но уважаемый оппонент считает разделение показателей работы колеса на действительные и теоретические словоблудием. И его можно понять. Ведь если полагать силы сопротивления движению автомобиля полезными [19], то никакой разницы между показателями работы идеального и реального колеса не будет. Их разделение на теоретические и действительные в самом деле потеряет смысл.

Из-за пренебрежения к разделению факторов на основные, которые "делают погоду", и на все иные, которые лишь уточняют картину явлений или даже вовсе являются посторонними, можно много лет изучать какой-нибудь фактор, гордиться своими исключительными достижениями в этой области, но вдруг может оказаться, что этот фактор не имеет никакого отношения к реальной действительности. Вся деятельность оказалась бесплодными абстрактными упражнениями, расстраиванием красивых, но никому не нужных ошибочных теорий, напрасной потерей времени.

Следует также отметить, что если научные результаты не изменяют мировоззрение специалистов, не требуют пересмотра и обновления основных положений науки, не становятся её обязательной частью, не востребуются вузовскими учебниками, то они не стоят выеденного яйца. Такая деятельность является изучением траекторий капель дождя, или даже просто запутыванием науки, её имитацией, интеллектуальной мастурбацией. Её метко характеризует народная мудрость "Сорок лет мак не родил, и голода не было". Для жизни важны только те научные результаты, в которых нуждаются программы для обучения студентов вузов — только инженерный корпус может понести полезные знания в жизнь, в практику и производство. Вся остальная "наука" никому, кроме её авторов, не нужна. В лучшем случае она бесследно сгинет на полках библиотек, а в худшем будет множить хаос, запутывать науку, превращая её в безбрежную свалку псевдонаучного мусора.

Оппонент гордится применением в теории качения векторных методов исследования. Но не надо забывать, что математика, подобно жерновам, перемалывает лишь то, что в неё засыпают. *"Печально положение, когда математика начинает глушить здравый смысл. Из двух альтернатив "математика без здравого смысла" и "здравый смысл без математики" предпочтительнее, безусловно, надо отдать второй. Разумеется, всего лучше, когда работает и то и другое, когда математические расчёты всё время проверяются на здравый смысл. Но так бывает далеко не всегда. Математический аппарат имеет некое гипнотическое свойство, и исследователи часто склонны безоговорочно верить своим расчётам, и тем больше верить, чем "кудрявее" применённый аппарат, чем больше времени (своего и машинного) потрачено и чем больше бумаги исписано. <...> На-*

ряду с математизацией знаний происходит и математизация глупостей: язык математики, как это ни странно, оказывается пригодным для выполнения любой из этих задач" [22, с. 266].

Таким образом, замечания, высказанные в статье В.И. Копотилова, опубликованной в АП № 2 за 2021 г., в адрес нашей работы (см. АП, 2020, № 9) проанализированы. Ряд замечаний оппонента справедлив, они будут учтены в нашей дальнейшей работе. Но имеются и такие, с которыми мы не можем согласиться; по ним даны подробные разъяснения. В общем же критическую статью следует признать чрезвычайно полезной для всех специалистов по теории качения. В ней затронуты очень много актуальных вопросов, если бы все учёные относились к своей работе так же неравнодушно, как наш оппонент, то научный прогресс ускорился бы многократно.

Литература

1. Копотилов В.И. О новой теории качения эластичного колеса и методах её построения // Автомобильная промышленность. — 2021. — № 2. — С. 21–27.
2. Пожидаев С.П. Ещё раз об основах теории качения эластичного колеса // Автомобильная промышленность. — 2020. — № 9. — С. 24–33.
3. ГОСТ 17697–72. Автомобили. Качение колеса. Термины и определения. М.: Госстандарт, 1972. — 24 с.
4. Чудаков Е.А. Теория автомобиля. М.: Машгиз, 1950. — 344 с.
5. Петрушов В.А., Шуклин С.А., Московкин В.В. Сопротивление качению автомобилей и автопоездов. М.: Машиностроение, 1975. — 224 с.
6. Балакина Е.В., Сарбаев Д.С. К вопросу об определении коэффициента продольного скольжения колеса // Автомобильная промышленность. — 2018. — № 10. — С. 25–27.
7. Литвинов А.С., Фаробин Я.Е. Автомобиль. Теория эксплуатационных свойств. М.: Машиностроение, 1989. — 238 с.
8. Кравец В.Н. Теория движения автомобиля. Нижний Новгород: НГТУ. — 2014. — 697 с.
9. Петрушов В.А. Автомобили и автопоезда: Новые технологии исследования сопротивлений качения и воздуха. М.: Торус-Пресс, 2008. — 352 с.
10. Сахарный Н.Ф. Курс теоретической механики. Высшая школа, 1964. — 844 с.
11. Крылов А.Н. Мысли и материалы о преподавании механики. М., Л.: Изд-во АН СССР, 1943. — 76 с.
12. Пожидаев С.П., Шкаровский Г.В. Экспериментальная проверка взаимосвязи крутящего момента и полной окружной силы эластичного колеса // Автомобильная промышленность. — 2019. — № 9. — С. 8–13.
13. Пожидаев С.П. Об уточнении международной системы единиц // Автомобильная промышленность. — 2018. — № 7. — С. 26–29.
14. РМГ 29-2013 ГСИ. Метрология. Основные термины и определения. М.: Стандартинформ, 2014. — 56 с.
15. Сена Л.А. Единицы физических величин и их размерности. М.: Наука, 1988. — 432 с.
16. ГОСТ 8.417–2002 ГСИ. Единицы величин. М.: Стандартинформ, 2010. — 29 с.
17. Григорьян А.Т., Погребысский И.Б. История механики с древнейших времен до конца XVIII века. М.: Наука, 1971. — 298 с.
18. Неймарк Ю.И., Фуфаев Н.А. Динамика неголономных систем. М.: Наука, 1967. — 520 с.
19. Копотилов В.И. О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля // Автомобильная промышленность. — 2012. — № 5. — С. 15–27; № 6. — С. 7–10; № 7. — С. 15–18.
20. Пожидаев С.П. О полезной механической работе и энергетическом КПД автомобиля // Автомобильная промышленность. — 2015. — № 9. — С. 17–20.
21. Чертов А.Г. Физические величины. Справочное пособие. М.: Высшая школа, 1990. — 335 с.
22. Блехман И.И., Мышкис А.Д., Пановко Я.Г. Математика и прикладная механика: Логика и особенности приложений математики. М.: Наука, 1983. — 328 с.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 658.336

ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ГЕНДЕРНОЙ РЕВОЛЮЦИИ НА ПРОЦЕССЫ АВТОМОБИЛЬНОГО СЕРВИСА

САГДЫ О.Б., канд. техн. наук КАТАРГИН В.Н., МИХЕЕВ А.С.,
ОЛЕШКЕВИЧ А.Н.

Сибирский ФУ, ГК "Медведь Холдинг", ООО "ЭлитАвто" (olchini@mail.ru)

Рассмотрены влияние гендерной революции на процессы автомобильного сервиса, рост количества женщин-владельцев автомобилей, значимость женщин-клиентов, представлены результаты исследования гендерного аспекта в автомобильном сервисе на примере анализа деятельности официального дилера автомобилей премиального сегмента в городе Красноярск, выдвинуты предложения по работе мастеров-приёмщиков официального дилера с потенциально конфликтными женщинами-клиентами и по профилактике конфликтных ситуаций в дальнейшем.

Ключевые слова: гендер, женщины-клиенты, мастер-приёмщик, автомобильный сервис, конфликт.

Sagdy O.B., Katargin V.N., Miheev A.S., Oleshkevich A.N. ASSESSMENT OF THE INFLUENCE OF THE GENDER REVOLUTION ON THE PROCESSES OF THE AUTOMOTIVE SERVICE

This paper examines the impact of the gender revolution on the processes of car service, the growth in the number of women car owners, the importance of female customers, presents the results of a study of the gender aspect in car service using the example of analyzing the activities of an official dealer of premium segment cars in the city of Krasnoyarsk, and proposes proposals for the work of craftsmen — receptionists of the official dealer with potentially conflicting female clients and on the prevention of conflict situations in the future.

Keywords: gender, female clients, master inspector, car service, conflict.

Со времён возникновения женского движения за равноправие с мужчинами многое изменилось: всё чаще можно наблюдать в "мужских" профессиях женщин. Автомобильный сервис также не остался в стороне гендерного равноправия. Тема влияния гендерной революции на процессы автомобильного сервиса изучена недостаточно, требуются ещё исследования для более подробного изучения вопроса, соответственно, в современном научном мире присутствует недостаточная теоретическая и практическая разработанность вопросов, касающихся факторов, влияющих на поведение женщин-клиентов автомобильного сервиса.

В научной работе О.А. Хоменко отмечено, что Япония стала одной из первых стран, задействовавшая женщин в рекламе (была разработана реклама автомобилей в журналах). Сначала женщину в рекламе ставили рядом с автомобилем, затем в 1960 г. женщина впервые сидит на

месте пассажира или ходит рядом с автомобилем, а уже в 1961 г. женщина в рекламе пересела за руль (она уже водила) [12]. Соответственно, **постепенно женщины стали неотъемлемой частью автомобилизации общества и значимыми клиентами автомобильного сервиса.** На рис. 1 и 2 приведены доказательства вышесказанного.

Таким образом, на примере России, с 2006 года число представительниц слабого пола среди российских водителей выросло с 1 млн 544 тыс. до 3 млн 545 тыс. [2], и на примере анализа работы дилера автомобилей премиального сегмента в городе Красноярск заказы поступают от (2017—2020 гг.):

- мужчины-клиенты — 61 %;
- женщины-клиенты — 27 %;
- организации-клиенты — 12 %.

С 2017 по 2020 г. выросло количество заказов от женщин — владельцев автомобилей — от 811 заказов до 977 заказов. Это означает, что и от женщин-клиентов прибыль

тоже растёт. Ранее женщин-клиентов было значительно мало среди клиентов автомобильного сервиса (около 15 % от всех заказов за год в автомобильном сервисе). Также стоит отметить, что средняя трудоёмкость (нормо-час) от заказов женщин-клиентов составляет 23 % (2,08), что незначительно отличается от средней трудоёмкости от заказов мужчин-клиентов — 24 % (2,14).

В научной работе Г.С. Тимохиной отмечено, что на современном этапе развития рынка легковых автомобилей в целом можно говорить об отсутствии у продавцов практики сегментирования рынка по полу (гендерному признаку). На рынке легковых автомобилей как товаров, традиционно предназначенных преимущественно для потребителей-мужчин, осуществляются маркетинговые коммуникации, "по умолчанию" ориентированные на мужчин [9]. Соответственно, не ведутся целенаправленно учёты клиентуры, где отдельно обозначаются потенциально конфликтные женщины-клиенты, конфликтные мужчины-клиенты, для минимизирования вероятности возникновения конфликтных ситуаций.

Значимость гендерного вопроса в автомобильном сервисе (взаимоотношение мастеров-приёмщиков с клиентами обоих полов) возрастает. В табл. 1 можно проследить разницу

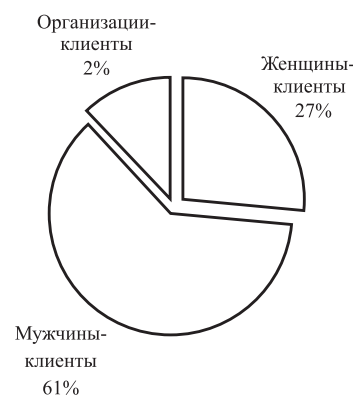


Рис. 1. Доля клиентов дилера автомобилей премиального сегмента в городе Красноярск (2017—2020 гг.)

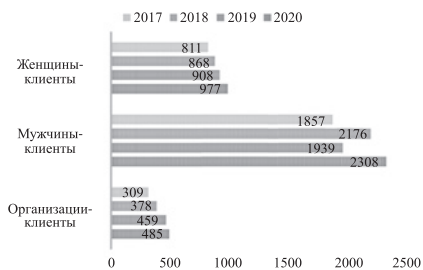


Рис. 2. Анализ посещений дилера автомобилей премиального сегмента в городе Красноярск (2017–2020 гг.)

некоторых жалоб автомобильному сервису между мужчинами-клиентами и женщинами-клиентами и выделить причины возникающих конфликтных ситуаций (см. табл. 4).

Соответственно, в табл. 2 приведены основные различия поведения женщин-клиентов и мужчин-клиентов в конфликтных ситуациях и вероятность возникновения (%) определённого вида поведения от 100 женщин-клиентов и 100 мужчин-клиентов.

Таким образом, слабое представление работающих в данном сервисе об особенностях коммуникации, поведения женского пола при процессе принятия решения о покупке, обслуживания и т.д. приводят к:

— упущённым возможностям маркетингового воздействия на потребителя;

— недополучению доходов (нормо-час);

— потере времени;

— утрате психологического здоровья и лояльности из-за конфликтных ситуаций (табл. 2).

Можно классифицировать женщин-клиентов по конфликтности и выделить долю из 100 женщин-клиентов (табл. 3).

Если клиент сам является конфликтным, то продуктивного спокойного взаимодействия между ним и работником автомобильного сервиса явно не стоит ожидать, т.е. процесс обслуживания клиента и его удовлетворённость от предоставленной услуги не будет наблюдаться. На первоначальный план выйдет сам конфликт. В зависимости от пола клиента мастеру-приёмщику следует учитывать поведение женщин и мужчин в конфликтных ситуациях, а автомобильному сервису заранее подготовить квалифицированных мастеров-приёмщиков, самое главное в их работе — умение общаться с клиентом. Поэтому важно подобрать по характеру и темпера-

менту человека на такую должность как мастер-приёмщик автомобильного сервиса.

В табл. 4 предоставлен анализ взаимодействия между потенциально конфликтными женщинами — владельцами автомобилей премиального сегмента и мастерами-приёмщиками дилера в г. Красноярск.

Таким образом, можно выделить при общении с конфликтными женщинами-клиентами следующие основные характеристики атмосферы взаимодействия с ними и их долю (табл. 5).

Соответственно, при данной атмосфере мастеру-приёмщику изначально нужно быть готовым к вероятности зарождения конфликтной ситуации, при этом не допускать данную ситуацию с помощью своей компетентности, в том числе использовать свою антиконфликтологическую компетентность.

Далее, на базе дилера автомобилей премиального сегмента было проведено исследование, в ходе которого использовался тест описания поведения К. Томаса (тест адаптирован Н.В. Гришиной для изучения личностной предрасположенности к конфликтному поведе-

Таблица 1

Жалобы клиентов официальному дилеру

Жалобы женщин-клиентов	Жалобы мужчин-клиентов
"...сил моих больше нет, звоню, прошу, чтобы связали с сервисом, все заняты, перезвонят, ну, конечно, не перезвонили. Психанула, ещё раз позвонила, чтобы подготовили все документы, буду искать другой сервис. Так ребята даже обрадовались. Такая головная боль ушла. Это вообще, что??? Месяц машина в ремонте!!! Это машина неремонтопригодная? Или официальный дилер некомпетентный? У меня 10 лет были Мазды, я бед не знала. Мечтала о БМВ, "копейку" купила..."	"Не смог получить договор на приобретение автомобиля, после двух посещений офиса, куда был приглашён после предварительных звонков и переписок. Добило заключительное требование внесения в кассу 50 000 руб. ещё до получения предварительного соглашения. Я бы внёс, но при себе было 47 500 руб., т.к. рассчитывал получить счёт и оплатить по банку. В соглашении нет ни слова о пополнении кассы. Понял, осознал: это не мой автомобиль, а я не их клиент."
"...изначально стоимость услуги 3500 р. (за шиномонтаж). На следующий день они только закончили свою работу, хотя оговаривалось, что время работы часа 2. По рассказам мастера там возникли сложности из-за профиля. При расчёте за услуги выясняется, что переобувка мне обошлась 5000 рублей и за укладку ковриков 300 рублей, ребят, вы серьёзно?! За то, что положили 2 коврика в салон — 300 рублей... И не хотела я этот отзыв писать, но раз на этом всё не закончилось, решила — отзыву БЫТЬ! Еду сегодня на работу, мне выдаёт сообщение, что давление в шинах падает с 2.8 на 2.3 срочно остановитесь. Звоню я в любимую БМВ, объясняю проблему и напоминаю, что услуга стоила 5000 рублей и сейчас я снова должна тратить своё время на то, чтобы вы всё исправили... На что мастер говорит, что я платила только за шиномонтаж, т.е., по его словам, я должна была заплатить видимо ещё за накачку шин."	"...работник спросил у меня: "когда собираетесь покупать машину?". Я ответил: "в течение года". На что его ответ был: "Мы не занимаемся покатушками". По моему мнению, это вообще полный бред... Перед тем как купить вещь в магазине, вы же её примеряете, только потом покупаете? Или вам сразу говорят: "Ты сначала оплати, а потом меряй её". Со стороны BMW — это было неуважительно!"
	"Ремонт каждый раз выполнялся некачественно, не компетентно и каждый раз мне давали понять, что я со своим недорогим и не новым авто только время у них отнимаю."
	"Выбирал себе автомобиль. На неудобные вопросы ответ не получить. Думал, возьму автомобиль за выходные, а не тут-то было, растягивают. Отказался пойду к другим."
	"Огромное спасибо за тотальное уничтожение моего х5 на протяжении 1,5 лет за мои же деньги. Очень некомпетентные мастера. Выполняют работы, которые не нужно делать, пишут замену деталей, а в действительности их просто маслом протирают. Старые запчасти не возвращают."

Основные различия поведения женщин-клиентов и мужчин-клиентов в конфликтных ситуациях

Женщины-клиенты	Вероятность возникновения (%)	Мужчины-клиенты	Вероятность возникновения (%)
Эмоциональный подход к поиску выхода из конфликта	60 %	Рациональный подход к поиску выхода из конфликта	65 %
Аффективное поведение проявляется для разрядки напряжения	5 %	Аффективное поведение проявляется для ухода от конфликта	2 %
В большей степени ориентированы на сам процесс противоборства	24 %	Конфликтуют только в случае чётко обозначенного объекта противоречий	65 %
Используют уход, чтобы манипулировать оппонентом или избежать ответственности	11 %	Используют уход от конфликта, чтобы не затрачивать ресурсы	10 %

Таблица 3

Классификация женщин-клиентов

Женщины-клиенты	Доля (%)
1. Потенциально конфликтные клиенты ("красный тип")	9—15 %
2. Нейтральные клиенты ("зелёный тип") — неконфликтные	70—75 %
3. "Неизвестный" клиент (новый клиент)	10—15 %

Таблица 4

Причины недопонимания — риск возникновения конфликта

Причины вероятности возникновения конфликта	Доля (%)
Незнание технической проблемы (со стороны женщин-клиентов)	22%
Недоверие со стороны женщин-клиентов	20%
Не проинформировали по сделанному ремонту (некомпетентность мастера)	25%
Разногласие в цене услуг ТО и ТР (по телефону одно, по факту другое)	15%
Отсутствие необходимого инвентаря (блокнот для заметок, чистая бумага, запасные ручки, прайс-листы)	5%
Опоздания/долгие ожидания	5%
Неумение "держать себя" (следует быть вежливым, доброжелательным и соблюдать нормы этикета)	8%

Таблица 5

Основные характеристики атмосферы с конфликтными женщинами-клиентами

Основные характеристики атмосферы	Доля (%)
Винновными себя не считают (при объективных обстоятельствах всё наоборот)	45%
Они платят деньги — значит всё должно быть быстро сделано без ошибок	20—25%
Изначально разговор строится с давлением — "разговор с подчинённым"	20%

нию) [3, 6]. Был исследован штат мастеров-приёмщиков (8 человек), где выяснилось, кто к какому способу регулирования конфликтов относится, что в дальнейшем проясняет вопросы возникновения конфликтных ситуаций (рис. 3 и 4).

Таким образом, данный коллектив автомобильного сервиса в целом не является конфликтным, может справиться с конфликтными ситуациями, но стоит обратить внимание на то, что возникновение конфликта зависит от обеих сторон (работник и клиент).

Таким образом, из проведённого исследования мастера-приёмщики больше всего склонны к компромиссу (28 %), далее приспособлению (24 %), затем сотрудничеству (18 %), избегание (16 %) и соперничество (14 %). Компромиссом является соглашение, достигнутое путём взаимных уступок. Умение договариваться друг с другом. В принципе, в данном коллективе умеют сглаживать конфликт. Немаловажную роль играет приспособление (24 %), такой мастер-приёмщик не конфликтен, вполне адекватен и способен угадать начинающуюся конфликтную ситуацию с клиентом. Сотрудничество (18 %) является таким вариантом, когда мастер-приёмщик умеет работать во благо сервису и клиенту, учитывая интересы обеих сторон. Но стоит отметить, что развитие/вероятность возникновения конфликтных ситуаций зависит от двух сторон, данное исследование показывает позицию одной стороны (мастера-приёмщика). Поэтом мастеру-приёмщику можно **акцентировать внимание на следующее**: как можно понять, конфликтен клиент либо нет (табл. 6).

Таким образом, в таких случаях, если прослеживаются данные при-

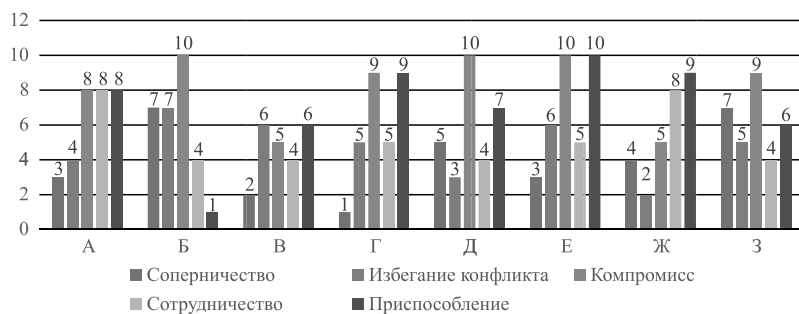


Рис. 3. 8 мастеров-приёмщиков (А-З)

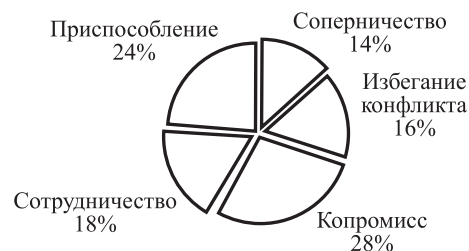


Рис. 4. Общий вариант урегулирования конфликтов

Таблица 6
Вероятность конфликтности клиента по внешним признакам

Резкие ответы	60%
Раздражительность	80%
Хитрость тона общения	30%
Явно повышенный тон разговора	70%
Жёсткость требований и следом множество вопросов	40%
Только начинающиеся обвинения в адрес работника	80%

знаки, мастеру-приёмщику следует сразу вызывать руководителя.

Далее, что можно предложить для работы с конфликтными женщинами-клиентами, в табл. 7 приведена следующая информация.

Из вышеизложенного следует, что произошло изменение структуры потребителей процессов автомобильного сервиса, женщины-клиенты стали значимыми клиентами автомобильного сервиса, предложены инструменты управления взаимоотно-

шениями между мастерами-приёмщиками и женщинами-клиентами в виде основных этапов работы автомобильного сервиса и мастера-приёмщика, выделены причины возникновения (вероятность) конфликтных ситуаций (растёт риск возникновения конфликтов), отмечено, что женщины-клиенты принесут практически такую же прибыль, как и мужчины-клиенты автомобильному бизнесу (величина нормочаса практически одинакова).

Поэтому роль гендерной компетентности у мастеров-приёмщиков в настоящее время значима в ежедневной деятельности персонала автомобильного дилера (замечать и устранять, сглаживать ситуации гендерного неравенства, не допускать гендерно-дискриминационного поведения). Любые последствия от конфликта чувствуют обе стороны (автомобильный сервис и клиент).

Таким образом, произведено исследование штата мастеров-приём-

щиков у официального дилера автомобилей премиального сегмента в городе Красноярск на антиконфликтную компетентность, которое выявило основные варианты регулирования конфликтных ситуаций у данных работников: мастера-приёмщики больше всего склонны к компромиссу (28 %), далее приспособленности (24 %), затем сотрудничество (18 %), избегание (16 %) и соперничество (14 %). В принципе, в штате мастеров-приёмщиков неплохая характеристика регулирования конфликтных ситуаций, что влияет на гендерный аспект взаимоотношений в процессе выполнения ими своей работы.

С каждым годом растёт вероятность возникновения конфликтных ситуаций между мастерами-приёмщиками и женщинами-клиентами автомобильного сервиса (например, такая глобальная объективная проблема, как пандемия, является стрессовым двигателем всего обще-

Таблица 7
Инструмент управления взаимоотношениями между мастерами-приёмщиками и женщинами-клиентами

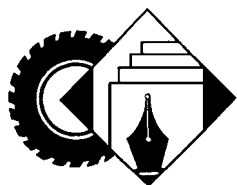
Предложение	Метод реализации	Комментарий
Для автомобильного сервиса:		
Отдельный учёт женщин-клиентов	Создать отдельный учёт, где отметить красным цветом потенциально конфликтных клиентов, оранжевым — "околоконфликтных", зелёным — спокойных	Данный учёт поможет заранее подготовиться к клиенту, подобрать мастера-приёмщика. Учёт обновляется "по мере поступления/возникновения конфликтных ситуаций"
Подготовка мастеров-приёмщиков	<i>Подготовительный этап для мастера-приёмщика:</i> "Принцип аквариума" — при найме на должность мастера-приёмщика продемонстрировать типичную конфликтную ситуацию с женщиной-клиентом сервиса и посмотреть, как будет действовать претендент на работу. Допускаются ошибки, если работодатель чувствует потенциал, значит, берёт на работу и обучает дальше, всё придет с опытом. В любой момент собеседования задать отвлечённые вопросы (вопросы, ломающие структуру разговора, на любую тему): покажет, как мастер-приёмщик способен действовать в неожиданных ситуациях — умение адаптироваться к изменяющимся обстоятельствам	На приёме (собеседовании) будет сразу видно, способен ли человек урегулировать напряжённую ситуацию, его напряжение или, наоборот, способность быть спокойным и сосредоточенным на своей работе
Для мастера-приёмщика:		
Клиент по записи	Будет проще работать с клиентами из учёта: заранее подготовиться к встрече, изучить предыдущие посещения, отзывы и т.д.	Снижает риск/вероятность возникновения конфликтных ситуаций
Клиент не отнесён ни к какому списку (конфликтен или нет)/новый клиент	Мастеру-приёмщику следует продемонстрировать компетентность и чуткость: улыбка; тон; проявление эмпатии (поставить себя на место другого человека, взглянуть его глазами на ситуацию); недопустимы резкие отказы; разъяснение подробностей (деталей) оказания услуг ТО и ТР, конструкции автомобиля Задача — правильно уловить настроение, подстроиться и затем вывести в позитивное русло. Обсуждая пожелания клиента, не позволять критиковать его, повышать голос или открыто давить на него. Показать клиенту, что задача автомобильного сервиса — помочь клиенту, решив его проблемы	
Обращение внимания на эмоциональное состояние клиента		

ства, что влияет на его раздражительность, которая может повлечь за собой конфликтную ситуацию), поэтому управление гендерной компетентностью становится одной из важнейших составляющих профессионализма мастеров-приёмщиков автомобильного сервиса.

Руководителям автомобильного сервиса следует усилить внимание на гендерную компетентность мастеров-приёмщиков (тактика работы мастеров-приёмщиков с женщинами-клиентами). Такие негативные последствия от конфликтов с женщинами-клиентами, как упущенная возможность маркетингового воздействия на потребителя, недополучение доходов, потеря времени и утрата психологического здоровья и лояльности из-за конфликтных ситуаций, плохо сказываются на всю эмоциональную атмосферу в автомобильном сервисе и может привести к снижению лояльности к бренду.

Литература

1. Автобизнес: приёмщик или консультант? Конец дилемме! [Электронный ресурс]: АвтоБизнесРевю. — 2013. — Режим доступа: <https://abreview.ru>.
2. Аналитическое агентство "Автостат" [Электронный ресурс]: автомобильная статистика. — Тольятти, 2005—2020. — Режим доступа: <https://www.autostat.ru>.
3. Ариничева О.В. Некоторые аспекты профилактики конфликтного поведения в экипаже воздушного судна / О.В. Ариничева, А.В. Малишевский // Транспорт: наука, техника, управление. — 2019. — № 10. — С. 27—34.
4. Жажда [Электронный ресурс]: бизнес журнал. — 2020. — Режим доступа: <https://zhazhda.biz>.
5. Жаров С.П. Модель стратегической системы планирования автосервисного предприятия / С.П. Жаров // Вестник Курганского государственного университета. — 2015. — № 3. — С. 82—89.
6. Карелин А.А. Большая энциклопедия психологических тестов. — Москва: Эксмо, 2007. — 416 с.
7. Катаргин В. Н. Классификация мастеров-приёмщиков по продаже услуг ТО и ремонта / В.Н. Катаргин, А.Н. Олешкевич, Н.О. Филиппов // Транспортные и транспортно-технологические системы: материалы международной научно-технической конференции. — 2017. — С. 212—215.
8. Макарова С.Н. Гендерные особенности поведения мужчин и женщин-менеджеров в организационных конфликтах / Макарова С.Н. // Вестник Московского университета имени С.Ю. Витте. Серия 1: Экономика и управление. — 2018. — № 3. — С. 86—90.
9. Тимохина Г.С. Поведение женщины-потребителя на рынке легковых автомобилей / Г.С. Тимохина, В.А. Шапошников // Известия УРГЭУ. — 2010. — № 4. — С. 127—133.
10. Тугаров А.Б., Петряшкина У.О. Гендерный аспект практической социальной работы: теоретико-методологический анализ: монография / под общ. ред. Т.И. Лаврëновой. — Пенза: ГУМНИЦ ПГУ, 2016. — 85 с.
11. Филиппов Н.О. Управление продажами услуг сервисной службы на основе классификации мастеров-приёмщиков: дис. ... магистр: 23.04.04.01 / Филиппов Николай Олегович. — Красноярск, 2019. — 69 с.
12. Хоменко О.А. Женщины плюс автомобиль: из истории японской рекламы 1950—1970-х годов / О.А. Хоменко // Ежегодник Японии. — 2012. — № 2. — С. 185—205.
13. Чилипенко Ю.Ю. Гендерные аспекты неформальных трудовых отношений в современных российских организациях / Ю.Ю. Чилипенко // Женщина в российском обществе. — 2014. — № 2. — С. 61—68.
14. BOSCH [Электронный ресурс]: учебный центр Bosch. — 2020. — Режим доступа: <https://ru-ww.bosch-automotive.com>.



ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом



УДК 338.47

КИТАЙСКИЙ АВТОПРОМ УВЕРЕННО ВХОДИТ В XIV ПЯТИЛЕТКУ

Д-р ист. наук **МАСЛОВ А.А.**,
канд. экон. наук **САЗОНОВ С.Л.**
Институт Дальнего Востока РАН
(sazonovch@mail.ru)

Предприятия автомобильной промышленности Китая на фоне улучшения эпидемиологической ситуации в стране смогли во втором полугодии 2020 г. быстро возобновить объемы производства и практически выйти на показатели предыдущего года — китайский автопром, по-прежнему, является мировым лидером по показателям объема производства и продаж автомобилей с двигателем внутреннего сгорания. Столкнувшись с глобальными экологическими и энергетическими вызовами, руководство КНР стремительно развивает разработку и внедрение в производство автомобилей нового поколения, использующих альтернативные источники энергии, и сегодня превратилась в абсолютного мирового лидера в области производства электромобилей, объем производства которых в 2020 г. позволил сгладить

негативные последствия коронавируса как для всего китайского автопрома, так и экономики страны в целом.

Ключевые слова: Китай, автомобильная промышленность, автомобили, использующие альтернативные источники энергии, водородное топливо, объем производства и продаж, совместные предприятия.

Maslov A.A., Sazonov S.L. THE CHINESE AUTO INDUSTRY CONFIDENTLY ENTERS THE 14th FIVE-YEAR PLAN

In the second half of 2020, the Chinese automotive industry was able to quickly resume production volumes and almost reach the previous year's performance—the Chinese automotive industry is still the world leader in terms of production and sales of cars with an internal combustion engine. Faced with the global environmental and energy challenges, the Chinese government is rapidly developing the development and introduction into production of new generation vehicles using alternative sources of energy, and has now become an absolute world leader in the production of electric vehicles, whose production volume in 2020, helped to mitigate the negative effects of the Covid-19 for the Chinese automotive industry and the economy as a whole.

Keywords: China, automotive industry, cars using alternative energy sources, hydrogen fuel, production and sales volume, joint ventures.

Самые высокие в истории ежегодные темпы роста продаж автомобилей на китайском рынке пришлось на 2009 и 2010 гг. — 46 и 32,4 % соответственно, после чего они резко снизились и с 2011 г. отрасль автомобилестроения стала переживать спад — ежегодные темпы роста объёмов продаж автомобилей в КНР явились самыми низкими за 13 лет — 2,5 % в 2011 г. и 4,3 % в 2012 г. Столь заметное падение ежегодных темпов роста объёма реализации автомобилей явилось следствием замедления темпов экономического развития страны, окончанием срока действия государственной программы по предоставлению льгот и разного рода преференций покупателям автомобилей, применение мер ограничительного характера при покупке автомобилей с двигателем внутреннего сгорания во многих городах Китая, расширение масштабов развития такой формы экономики совместного потребления, как каршеринг. В 2016 г. объёмы продаж новых автомобилей в Китае возросли на 14,5 % до рекордных 28,03 млн ед., а резкий рост продаж в период в 2016 г. можно объяснить применением стимулов новой налоговой политики, когда в конце 2015 г. Министерство финансов КНР сократило налоговую ставку при приобретении автомобиля с объёмом двигателя 1,6 л и меньшего объёма с 10 до 5 %, что и явилось следствием увеличения объёма реализации автомобилей [1]. В 2017 г. китайский автопром на протяжении последних 9 лет оставался самым крупным в мире рынком производства и продаж автомобилей — в Китае было произведено 29,018 млн автомобилей (в 2018 г. в Китае за 1 минуту производилось 55 автомобилей), а продано — 28,879 млн ед. (на 3,19 и 3,04 % больше по сравнению с 2016 г. соответственно), однако темпы роста этих показателей оказались соответственно на 11,27 и 10,61 % ниже показателей 2016 г. (т.е. в среднем темпы роста сократились и составили около 3 % в год), что было вызвано увеличением с января 2017 г. налога на покупку автомобилей с объёмом двигателя 1,6 л и меньшего объёма с 5 до 7,5 % — по данным аналитиков Китайской ассоциации автопроизводителей (КААП), увеличение этого налога на покупку автомобиля в среднем результировалось в дополнительном расходе в 5 тыс. юаней (710 долл.) при приобретении автомобиля стоимостью примерно в 200 тыс. юаней. В 2017 г. объём мирового рынка продаж легковых автомобилей впервые превысил 90 млн машин, причём более 28 % объёма мировых продаж приходилось на КНР (в 2007 г. на долю Китая приходилось 15 % объёма мировых продаж легковых автомобилей) [2].

В 2018 г. на автомобильном рынке Китая впервые за 28 лет (с 1990 г.) произошёл спад объёмов производства и реализации автомобилей на 4,16 и 2,76 % до показателя в 27,81 млн ед. и 28,08 млн ед. соответственно, доходы отрасли сократились на 6 % [3] — автомобильная промышленность КНР столкнулась с проблемой затоваренности складов готовой продукцией, а слабые объёмы продаж в период 2018 г. аналитики КААП объясняли ухудшением макроэкономической ситуации, умеренным потребительским спросом

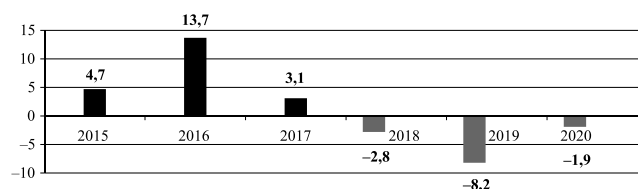


Рис. 1. Ежегодные темпы роста объёмов продаж китайских автомобилей на внутреннем рынке (%)

на внутреннем и внешнем рынках, который оказывает негативное влияние на покупку дорогостоящих товаров с высокой добавленной стоимостью, падением стоимости акций на фондовых рынках, отменой государственных льгот при покупке автомобиля [4]. В 2019 г. объём продаж автомобилей в Китае продолжал снижаться, поскольку спрос на крупнейшем автомобильном рынке в мире значительно ослаб и, по данным экспертов КААП, в 2019 г. объём производства автомобилей в Китае составил 25,72 млн ед. (что стало на 7,5 % меньше по сравнению с 2018 г.), было продано 25,77 млн автомобилей (что оказалось на 8,2 % ниже по сравнению с 2018 г.) — торговая напряжённость, ужесточение стандартов выбросов и сокращение субсидий для АИАИЭ в совокупности оказали давление на отрасль. В 2020 г. вследствие последствий пандемии Covid-19 китайский авторынок пережил трудный первый квартал, когда коронавирусы вынудил людей держаться подальше от автосалонов, однако продажи начали восстанавливаться в апреле 2020 г., когда меры по купированию последствий эпидемии коронавируса, введение стимулирующих мер поддержки отрасли стали приносить плоды и двузначный рост объёма продаж стал наблюдаться в большинстве месяцев второй половины 2020 г. По итогам 2020 г. объём производства и продаж автомобилей в Китае составили 25,23 и 25,31 млн ед. (что на 2 и 1,9 % меньше, чем в 2019 г. соответственно) — КНР оставалась ведущим мировым автопроизводителем, а объём продаж в 2020 г. составил 33 % объёма продаж автомобилей на мировом рынке [5] (объём продаж легковых автомобилей сократился на 9,6 % до 21,44 млн ед., а совокупный доход отрасли сократился на 6,6 % [6]).

Согласно отчёту КААП, по итогам 2020 г. корпорация "SAIC мотор" продала 2,53 млн автомобилей, заняв первое место по объёмам продаж среди китайских автопроизводителей. "Чанган Аутомобайл" и "Чжэцзян Джили Холдинг" заняли второе и третье места с объёмами продаж 1,5 и 1,32 млн соответственно. За ними следовали (в порядке убывания) "Дунфэн Мотор" — 1,13 млн, "Греат Вол Моторс" (GWM) — 1,11 млн, группа BAIC — 817 тыс., группа FAW — 773 тыс., "Чери Аутомобайл" — 671 тыс., "Синотрак" — 471 тыс., группа JAC — 448 тыс. автомобилей [7]. В начале 2021 г. парк АИАИЭ в Китае насчитывал 4,92 млн ед. и, по данным Министерства общественной безопасности (МОБ) Китая, на их долю приходилось более 40 % АИАИЭ во всем мире [8]. Если судить о прибыльности продаж автомобилей, то корпорация FAW, материнская компания бренда "Хунцы", в 2020 г. увеличила объём чистой прибыли на 6 % в годовом ис-

числении до 46,7 млрд юаней (7,2 млрд долл.), став самым прибыльным китайским автопроизводителем в Китае по итогам 2020 г. (основанная в 1953 г. в г. Чанчунь (пров. Цзилинь) корпорация FAW считается колыбелью автомобильной промышленности Китая). Объём дохода автоконцерна, являющегося партнёром таких брендов, как "Ауди" и "Фольксваген", составил 696 млрд юаней, что на 12,7 % больше по сравнению с 2019 г. Хотя компания "SAIC мотор", продавшая в 2020 г. 5,6 млн автомобилей, стала крупнейшим автопроизводителем страны по объёму продаж, однако объём её прибыли достиг лишь 20 млрд юаней, что составило менее половины объёма прибыли FAW. По мнению аналитиков КААП, одна из причин заключалась в том, что FAW производила более востребованные рынком и прибыльные автомобили, в том числе под брендом "Ауди" — в совместном предприятии с "Ауди" концерн FAW владеет 60%-й долей уставного капитала, СП также производит автомобили под брендом "Фольксваген", которые пользуются большой популярностью в Китае. Компания планирует продать более 200 тыс. АИИЭ и 400 тыс. ед. своего культового бренда "Хунцы" (на 300 и 100 % больше, чем в 2020 г. соответственно) [9]. Руководство концерна FAW заявило, что её цель продаж в 2021 г. составляет 4 млн автомобилей, которые, как ожидается, принесут доход в размере 720 млрд юаней и чистую прибыль в объёме 47,7 млрд юаней, что составит на 3,4 и 2 % больше, чем в 2020 г. соответственно. Руководство корпорации FAW намерено в 2025 г. выпустить более 6 млн автомобилей, при этом ежегодные темпы прироста объёма продаж составят примерно 8 % [10].

Крупнейший китайский автопроизводитель SAIC Motor Corporation, который в последние годы в первую очередь был ориентирован на китайский рынок, постепенно меняет приоритеты и стремится выйти на мировые рынки продаж автомобилей — несмотря на пандемию COVID-19, в 2020 г. объём экспорта SAIC, партнёра американского концерна GM и немецкого VW, составил 390 тыс. автомобилей (на 11,3 % больше, чем в 2019 г.), на его долю пришлось более трети всех зарубежных поставок китайских автопроизводителей в этом году. К 2025 г. SAIC планирует увеличить объём зарубежных продаж до 1,5 млн автомобилей, что почти в четыре раза превысит показатель 2020 г. и составит 15 % от общего объёма продаж компании. Из них 20 %, или 300 тыс. автомобилей, будут проданы в странах Европы, из которых от 70 до 80 % будут электромобилями (ЭМ) или подключаемыми гибридами (в 2020 г. объём экспорта SAIC "зелёных" автомобилей составил около 25 тыс. ед.). По мнению руководства SAIC, в Европе для азиатских автопроизводителей крайне трудно завоевать значительную долю рынка, например, японский концерн Toyota работает в Европе уже около 50 лет, однако его рыночная доля в 2020 г. составляла не более 10 %. Однако автомобили китайского концерна смогли успешно ворваться на этот рынок, а одним из ярких примеров стала модель SAIC MG EZS EV, который стал первым малогабаритным внедорожником на электрическом приводе, получившим пятизвездочный рейтинг "Программы оценки новых автомобилей Euro". В 2020 г. SAIC продавал в странах

Европы три модели своих автомобилей, а ещё три-четыре должны выйти на европейский рынок в 2021 г., причём все они являются ЭМ или подключаемыми гибридами. Компания SAIC начала внедряться на зарубежные рынки в 2011 г. и в начале 2021 г. её торговая сеть насчитывала более 750 дилерских центров в более чем в 60 странах. По словам вице-президента "SAIC мотор Интернешнл" Чжао Айминя, к 2022 г. концерн выйдет на три-четыре иностранных рынка, где его годовой объём продаж достигнет 50 тыс. автомобилей — это страны Евросоюза, Ближнего Востока и АСЕАН. Компания имеет три научно-исследовательских центра за рубежом и четыре автосборочных завода, расположенные в Таиланде, Индонезии, Индии и Пакистане, которые к 2025 г. будут производить от 50 до 60 % автомобилей, которые SAIC будет экспортировать на международные рынки [11].

В 2020 г. объём продаж автомобилей на китайском рынке автопроизводителя GWM (основанного в 1990 г.) составил 1,11 млн ед. и, несмотря на последствия пандемии Covid-19, компания GWM также стала одним из немногих китайских автопроизводителей, которая справилась с трудностями — в 2020 г. объём продаж на национальном рынке по сравнению с показателем 2019 г. вырос на 4,8 %, компания зафиксировала доход в объёме 103,28 млрд юаней (15,95 млрд долл.) и чистую прибыль в объёме 5,39 млрд юаней (рост на 7,37 и 19 % по сравнению с 2019 г. соответственно). В 2020 г. объём продаж китайской компании в РФ составил 1,738 тыс. автомобилей (увеличение на 41 % по сравнению с 2019 г.), а устойчивый рост продаж на автомобильном рынке руководство GWM объяснило правильно выбранной стратегией локализации, включающей полные производственные и снабженческие цепочки и продукты, отвечающие потребностям российского рынка. Компания Great Wall Motors (головной офис GWM расположен в г. Баодин (пров. Хэбэй) является крупнейшим производителем спортивных внедорожников и пикапов в Китае, владеет автомобильными брендами, включая "Хавал", GW, WEY и ORA, располагает 12 производственными базами по всему миру и продаёт автомобили через свою международную дилерскую сеть, насчитывающую более 600 центров, в более чем в 60 странах, включая Россию, Таиланд, Сингапур, Чили, Австралию, Индию, Южную Африку и др. За время своей деятельности компания GWM произвела более 10 млн автомобилей, а общий объём экспорта китайского автопроизводителя за это время составил около 700 тыс. ед. В 2019 г. в Туле (примерно в 240 км южнее Москвы) компания GWM запустила в эксплуатацию автосборочный завод полного цикла со 100%-м китайским капиталом, созданным за пределами КНР, который стал первым зарубежным заводом по производству автомобилей марок "Хавал" F7, F7x и H9 в мире и в России в частности. Количество дилерских центров китайского автопроизводителя в РФ превышает 100, которые расположены в Москве, Санкт-Петербурге, Екатеринбурге, Тюмени и других российских городах [12]. В сентябре 2020 г. GWM подписала с Министерством промышленности и торговли РФ контракт на сумму 500 млн долл., согласно которому китайский автопроизводи-

тель взял на себя обязательства по локализации производства автомобилей и ключевых компонентов, а в ноябре 2020 г. в Тульской области компания GWM приступила к строительству завода по производству двигателей в РФ, который вступит в строй в конце 2022 г., будет выпускать более 80 тыс. двигателей в год и будет обеспечивать моторами более 90 % продаваемых в России автомобилей бренда компании GWM [13].

Несмотря на пандемию COVID-19, в 2020 г. Китай остался единственной страной на мировом рынке премиальных брендов, чей сегмент демонстрировал резкий рост объёмов продаж — согласно данным КААП, в КНР было продано в общей сложности 2,53 млн премиальных автомобилей, что стало на 14,7 % больше, чем в 2019 г., и заняло 13 % рынка объёма продаж легковых автомобилей в стране. Тенденция роста объёмов продаж этого класса премиальных автомобилей наблюдалась в 2018 и 2019 гг., когда темпы роста объёмов продаж этих брендов выросли на 17,6 и 11,7 % соответственно. Среди премиальных брендов, пользующихся особой популярностью на китайском рынке, стали БМВ, "Мерседес-Бенц" и "Ауди", которые стали основными драйверами роста рынка автомобилей этого класса роскошных автомобилей. В 2020 г. немецкий автопроизводитель БМВ продал 777,4 тыс. автомобилей (включая бренды БМВ и "Мини"), компания "Мерседес-Бенц" реализовала 774,3 тыс. новых автомобилей, автопроизводитель "Ауди" установил рекорд своих продаж премиальных автомобилей в Китае, реализовав в общей сложности 726,3 тыс. ед., что было на 7,4, 11,7 и 5,4 % больше по сравнению с 2019 г. соответственно. Что касается люксовых брендов, то темпы роста продаж этого сегмента автомобилей (брендов "Лексус", "Порше" и "Форд Линкольн") также демонстрировали восходящую тенденцию. В 2020 г. объёмы продаж премиального культового китайского седана марки "Хунцы" ("Красное знамя") поставили новый рекорд продаж — количество произведённых и проданных автомобилей превысило 200 тыс. ед. [14].

С начала XXI в. ежегодные темпы прироста парка автомобилей превышали 25 %, в 2019 г. он составлял 329 млн ед., а в 2020 г. равнялся 340 млн ед. (парк легковых автомобилей составлял 270 млн ед., причём около 85 % этого парка было сосредоточено в китайских городах 1-го и 2-го поясов) [15]. В начале 2021 г. парк легковых автомобилей в 70 городах КНР превышал 1 млн ед., в 9-и городах — 3 млн ед. (включая Пекин), общее количество водителей, обладающих правами, возросло до 480 млн чел. (в среднем, за последние 5 лет количество водителей, получивших права, ежегодно возрастало на 38 млн чел.). В начале 2019 г. общий парк АИАИЭ составил 2,61 млн ед., в 2021 г. он возрос до 4,93 млн ед., а к 2030 г. может превысить 80 млн АИАИЭ. В 2020 г. в стране насчитывалось более 430 тыс. автобусов и около 450 тыс. грузовиков, работающих на альтернативных источниках энергии, более 200 тыс. автомобилей на природном газе [16].

В Китае долгие годы приобретение первого автомобиля или первого дома, как правило, были крупными покупками, декларацией социального статуса и символом того, что приехал не один человек, а вся семья. В последние годы это мышление изменилось, и вместо

покупки нового автомобиля люди предпочитают приобретать подержанный автомобиль в хорошем состоянии, что считается для большего числа китайцев более экономичным выбором. По мнению экспертов Китайской Ассоциации автомобильных дилеров (КААД), изменение отношения к подобному выбору вызовет рост спроса на автомобили, бывшие в употреблении. Хотя в 2020 г. парк китайских автомобилей насчитывал более 270 млн автомобилей на своих дорогах, однако по оценкам КААД, объём продаж подержанных моделей составил лишь 17 млн ед., что резко контрастировало с такими странами, как США, Австралия и Великобритания, где люди покупают больше подержанных автомобилей, чем новых. В период 2021—2023 гг. при поддержке стимулирующих мер, обеспечивающих сокращение налогов при покупке подержанных автомобилей, Китай стремится удвоить объём своего рынка подержанных автомобилей до 2 трлн юаней (306 млрд долл.) с ежегодными объёмами продаж более 25 млн ед. [17].

Особенно бурный рост объёмов производства и продаж автомобилей, использующих альтернативные источники энергии (АИАИЭ), начался в 2015 г., когда объём производства ЭМ и ГА по сравнению с предыдущим 2014 г. вырос почти в 4,5 раза [18]. В 2016 г. в Китае на долю продаж АИАИЭ пришлось около 2 % от всего объёма продаж легковых автомобилей (причём на долю ЭМ пришлось 80 % всего объёма продаж "зелёных" автомобилей в КНР), а в странах Евросоюза — 1,2 %, в США — 1,4 % (в КНР около 75 % объёма продаж АИАИЭ были совершены в крупных китайских мегаполисах, где действовала система ограничений на приобретение автомобилей с ДВС) [19]. В 2017 г. в КНР было произведено 794 тыс. АИАИЭ (2,7 % от всего объёма производства автомобилей в стране), а объём продаж равнялся 777,3 тыс. автомобилей. В 2018 г. объёмы производства и продаж АИАИЭ выросли на 59,92 и 61,74 % и в абсолютных цифрах составили 1,27 млн ед. и 1,26 млн ед. соответственно [20]: из этого числа объёмы производства и продаж ЭМ равнялись 986 тыс. ед. и 984 тыс. ед. (рост по сравнению с предыдущим годом на 47,9 и 50,8 %), объёмы производства и продаж гибридных автомобилей (ГА) составили 283 тыс. ед. и 271 тыс. ед. (прирост по сравнению с 2017 г. на 112 и 118 % соответственно), а объёмы производства и продаж автомобилей на топливных элементах были практически одинаковы и равнялись 1527 ед. Общее потребление электроэнергии в Китае автомобилями, использующими альтернативные источники энергии, в 2018 г. превысило 1,7 млрд кВт/ч, что обеспечило экономию более 420 тыс. т бензина и дизельного топлива [21]. В 2019 г. Китай произвёл 1,24 млн АИАИЭ, из которых 1,02 млн ед. были ЭМ, парк АИАИЭ равнялся 3,597 млн ед., а среди них количество легковых автомобилей составляло 3,34 млн ед., а количество коммерческих автомобилей — 247 тыс., что составляло 46,7 и 65,5 % мирового рынка АИАИЭ соответственно [22]. Объём продаж АИАИЭ в 2020 г. достиг 1,37 млн ед., что стало на 10,9 % больше, чем в 2019 г. (в основном, благодаря популярности таких автомобилей, как "Тесла Модель 3" и малолитражного ЭМ "Хонггуан" китайского автопроизводителя

"Вулинг"¹)² — Китай 5-й год подряд занимал 1-е место в мире по такому показателю как объём производства АИАИЭ, занимая в 2020 г. 55,1 % мирового объёма продаж "зелёных" автомобилей (с 2016 по 2020 г. Китай является крупнейшим в мире рынком АИАИЭ — 44,8, 49,4, 54,6, 50,5 и 55,1 % соответственно) [23]. Данные Китайской ассоциации легковых автомобилей показали, что в 2020 г. на долю трёх ведущих китайских производителей АИАИЭ — корпораций "Тесла Чайна" ("Модель 3" и "Модель Y"), "SAIC-GM-Вулинг"

¹ Крупный китайский производитель компания SAIC-GM-Wuling (SGMW) — СП, расположенное в г. Лючжоу (Гуанси-Чжуанский автономный район) и созданное между "SAIC мотор", GM и "Лючжоу Вулинг Моторс" (Liuzhou Wuling Motors), сообщил о значительном росте объёма продаж в 2020 г., который превысил 1,6 млн ед. Количество проданных автомобилей бренда «Вулинг» составило более 1,18 млн ед., а нового бренда "Ваохун" (Waojun) — около 154 тыс. ед. Объём продаж АИАИЭ также демонстрировал уверенный рост, причём объём реализации компактных АИАИЭ вырос на 190 % до 174 тыс. ед. Руководство SGMW также отчиталось о росте продаж на зарубежных рынках в 2020 г. — более 77 тыс. автомобилей на общую сумму 3,46 млрд юаней (535 млн долл.) были экспортированы в 40 стран мира (SAIC-GM-Wuling posts strong auto sales in 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/05/WS5ff413e0a31024ad0baa099b.html>).

² Поскольку большинство АИАИЭ были проданы в крупнейших мегаполисах КНР, где покупатель не требует от "зелёного" автомобиля пробега в 350—500 км на 1-й заправке (в силу наличия достаточного количества электростанций на оптимальном расстоянии друг от друга), то из общего количества проданных в 2020 г. АИАИЭ 67% составили ЭМ небольших размеров (на 4 человека), 25% были ЭМ ещё меньших (компактных) размеров, а рыночная доля продаж распределялась между национальными производителями (52%), совместными предприятиями (5%), новичками-производителями, недавно внедрившимися на рынок АИАИЭ, (9%) импортными поставками (преимущественно ЭМ корпорации "Тесла" — 4%). Малогабаритные ЭМ набирают популярность на растущем китайском рынке АИАИЭ, и ожидается, что их доля на рынке будет расти в период 2021—2025 гг., поскольку власти постепенно откажутся от политики стимулирования продаж "зелёных автомобилей", которая действует с 2009 г. Один из популярных примеров — "Хонггуан Мини EV", четырёхместный автомобиль длиной 2914 мм, созданный совместным китайско-американским предприятием "SAIC-GM-Вулинг". Объём продаж модели, которые стартовали в Китае в декабре 2020 г. (цена начиналась от 4380 долл., а запас хода составляет 120—170 км), составил около 44 тыс. ед., тем самым обогнав месячный объём продаж популярной в стране "Тесла Модель 3". Автомобили от "SAIC-GM-Вулинг" составляют 51 % парка мини ЭМ в Китае, и 43% из них — ЭМ "Хонггуан Мини EV". Статистические данные КААП свидетельствуют, что на ЭМ малых размеров приходится 40% рынка продаж АИАИЭ. Объём продаж мини ЭМ под брендом Ога от крупнейшего китайского производителя внедорожников GWM в 2020 г. достиг 50 тыс. ед., что более чем в четыре раза превысило показатель 2019 г. Мини-электромобили доступны по цене и просты в использовании, их легко водить, парковать и можно заряжать, что является ключевым фактором их популярности. Небольшой запас хода для небольших автомобилей, похоже, не беспокоит большинство пользователей — людей, живущих в небольших городах, совершающих поездки на расстояние от 5 до 10 км (родители могут отвезти своих детей в школу или встретиться с друзьями) и имеют средний ежедневный пробег в 30 км. Аналитики КААП полагают, что такие автомобили обладают огромным рыночным потенциалом в условиях, когда правительство прекратит стимулирующую политику после конца 2022 г., а в конце 14-й пятилетки парк мини ЭМ в КНР может превысить 8 млн ед. (*Li Fusheng*. Smaller EVs' popularity expected to accelerate. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/04/WS5ff2637aa31024ad0baa0296.html>).

("Хонггуан Мини EV") и BYD ("Е-Бас") пришлось почти половина продаж ЭМ в КНР [24].

Эксперты КААП отмечают, что в 2020 г. китайские производители автомобилей столкнулись с сокращением роста объёмов производства из-за эпидемии Covid-19, финансовых трудностей и сокращения государственных субсидий — объём продаж автомобилей сократился на 6,8 %, однако в меньшей степени, чем в 2019 г. — на 7,3 %, что было обусловлено возобновлением и ростом объёма продаж АИАИЭ, которые внесли ключевой вклад в минимизацию последствий эпидемии коронавируса [25]. В результате восстановления бурного роста рынка ведущие производители электромобилей, особенно три крупных отечественных стартапа NIO, "Ли Ауто" и "Ксяэпенг", продемонстрировали высокие результаты. Основанные в 2014—2015 гг., три компании достигли рекордного уровня поставок в декабре 2020 г. — компания NIO продала 7007 ЭМ, что на 121 % больше по сравнению с аналогичным периодом 2019 г., объём продаж ЭМ Li One компании "Ли Ауто" выросли примерно на 530 % до 6126 ед., а объём продаж компании "Ксяэпенг" подскочил на 326 % до 5,7 тыс. ед. По итогам 2020 г. стартап NIO показал наилучшие результаты в объёме продаж с результатом около 40 тыс. ЭМ. В 2020 г. акции NIO и "Ли Ауто", зарегистрированные на NASDAQ, выросли на 1110 и 150 % соответственно, в то время как акции "Ксяэпенг", зарегистрированные в Нью-Йорке, выросли в цене на 185 %. Тем не менее совокупные продажи этой тройки, составившие около 90 тыс. ЭМ в 2020 г., всё ещё были ниже, чем у американского производителя электромобилей "Тесла", который построил свой завод в Шанхае в 2019 г. Объём продаж ЭМ компанией "Тесла" на китайском рынке в декабре 2020 г. превысили 25 тыс. ед., а по итогам 2020 г. — более 200 тыс. [26]. 18 января 2021 г. "Тесла" начала поставки на китайский рынок новой модели Y 1 по цене, аналогичной цене NIO ES6, примерно в 300 тыс. (46 436 долларов). Эксперты КААП отмечают, что снижение цен на автомобили "Тесла" не сильно повлияет на стартапы в Китае, поскольку американская компания по-прежнему нацелена, в первую очередь, на западные рынки, в то время как бренды китайских стартапов с аналогичной либо меньшей стоимостью закупают прочную основу на внутреннем рынке [27]. Традиционные автопроизводители также попытались увеличить свою долю на рынке АИАИЭ. В 2020 г. китайские бренды, такие как "Дунфэн" Motor Corp., "Чанган Ауто" и "SAIC мотор", представили высококачественные ЭМ. Объём продаж ЭМ "SAIC-GM-Вулинг", совместного предприятия (СП) SAIC, GM и "Лючжоу Вулинг Моторс", продемонстрировал уверенный рост в 2020 г. на 190 % до примерно 174 тыс. ед. — по мнению экспертов КААП, "характеристики электромобилей SAIC удовлетворяют потребности жителей сельских районов, которые представляют собой большой рынок и который ещё предстоит освоить" [28]. Многие иностранные автопроизводители также создали СП в Китае для увеличения объёмов продаж своих АИАИЭ и расширения предоставления услуг по электростанции. В 2020 г. японская Toyota Motor и крупнейший китайский производитель ЭМ BYD создали

совместное предприятие по производству автомобильных аккумуляторов и электромобилей, а концерн БМВ подписала контракт со "State Grid Electric Vehicle Service Co.", дочерней компанией поставщика электроэнергии ГЭСКК, о совместном предоставлении услуг по зарядке ЭМ. Немецкий автопроизводитель "Фольксваген" инвестировал 5 млрд долл. в компанию "Gotion High-Tech Co.", производителя электрических аккумуляторных батарей в провинции Аньхой, что позволило немецкому автопроизводителю стать сертифицированным поставщиком аккумуляторов для своих ЭМ. Согласно плану развития компании, к 2025 г. "Фольксваген" намерен поставить около 1,5 млн ЭМ в Китае. Однако конкуренция на рынке производства АИАИЭ будет обостряться по мере выхода на рынок новых игроков — 11 января 2021 г. интернет-компания "Байду" объявила о создании компании по производству "умных" ЭМ в сотрудничестве с "Джили", крупнейшим частным автопроизводителем в Китае. Эксперты отмечают, что "традиционные китайские автопроизводители со значительными производственными возможностями и узнаваемыми брендами могут сэкономить на исследованиях и разработках в области производства инновационных беспилотных ЭМ с искусственным интеллектом, однако разворачивающаяся конкуренция между традиционными автопроизводителями и стартапами будет способствовать совершенствованию технологий производства инновационных АИАИЭ". По заявлению Президента отраслевого форума "China EV100" (Пекин, 15—17 января 2021 г.) Чэнь Цинтая, "на пути будущего развития отрасли производства ЭМ всё ещё много препятствий, среди которых одной из самых серьёзных является недостаточное количество электроразрядных колонок.³ Через

³ Ради объективности стоит, однако, заметить, что скорость расширения сети электроразрядных станций в Китае поражает — в конце 13-й пятилетки сеть электроразрядных станций были оснащены более 50 тыс. км скоростных автомобильных магистралей, проходящие через Шанхай, города региона Пекин—Тяньцзинь—Хэбэй и промышленные центры Экономического пояса р. Янцзы, а среднее расстояние поездки между электроразрядными станциями не превышало 40—60 км. В начале 2021 г. национальная сеть электроразрядных колонок насчитывала 1,03 млн ед., которая эффективно функционировала как "зелёная" зарядная платформа для около 5 млн пользователей ЭМ. Если в среднем в 2019 г. соотношение общего числа электроразрядных колонок в Китае к общему количеству ЭМ составляло 1/3,9 (т.е. приблизительно одна электроразрядная колонка приходилась на 4 ЭМ), то к началу 2021 г. это соотношение стало составлять 1/3,1. При сравнении равноценного пробега в 300 км на 1-й зарядке/заправке транспортного средства стоимость зарядки ЭМ (0,5 юаня за 1 кВт/ч, или 28 юаней за полную зарядку) по сравнению со стоимостью бензина для заправки автомобиля с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) оказывается в 6,5 раз меньше. Согласно решению Государственного совета КНР "О плане развития производства автомобилей, использующие альтернативные источники энергии, на период 2013—2022 гг.", в 2021 г. в Китае будет построено 600 тыс. электроразрядных колонок, а к концу 2022 г. в Китае должно быть установлено в общей сложности 3 млн электроразрядных колонок, из которых более 60 % будут государственными (*Zheng Yiran. EV charging network to expand. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202001/19/WS5a613492a3106e7dcc1352f8.html>; Zheng Xin. State Grid taps new energy with gusto in China. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/25/WS600e1ec5a31024ad0baa4c3e.html>*).

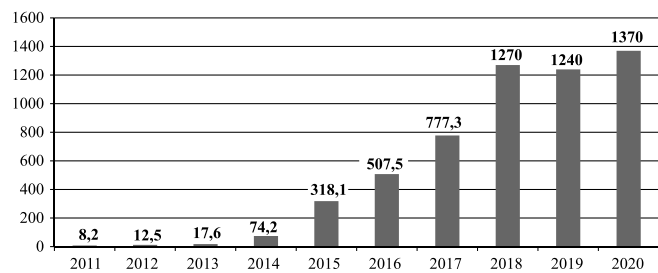


Рис. 2. Рост объёмов продаж АИАИЭ (ЭМ и ГА) в Китае в период 2011—2020 гг.

10 лет парк ЭМ в Китае может превысить 64 млн ед., а для обеспечения зарядки этого парка нам предстоит построить около 25 млн электроразрядных колонок" [29]. В конце января 2021 г. МПИТ КНР опубликовало на своём сайте трёхлетний план развития отрасли производства электронных компонентов, который "является краеугольным камнем всей отрасли информационных технологий и ключом к обеспечению стабильности производства и цепочек поставок". В плане намечено, что к 2023 г. будут предприняты меры по созданию конкурентоспособных на международном уровне китайских компаний по производству электронных компонентов, причём по крайней мере 15 из них будут иметь доход более 10 млрд юаней каждая, Министерство намерено увеличить объём продаж отрасли до 2,1 трлн юаней (325,1 млрд долл.). План направлен на ускорение качественного развития отрасли производства электронных компонентов и нацелен на достижение прорывов в производстве важнейших базовых электронных компонентов для ключевых сфер, таких как интеллектуальные терминалы, радиочастотные фильтры, высокоскоростные разъёмы, датчики и устройства оптической связи, многослойные керамические конденсаторы (MLCC) и устройства оптоволоконной связи, системы связи формата 5G, промышленный интернет, центры обработки данных и разработка интеллектуальных АИАИЭ [30].

В 2020 г. в Китае было продано в общей сложности 1,6 тыс. автомобилей с водородными топливными элементами (рост на 16 % по сравнению с 2019 г.), и в начале 2021 г. на улицах городов Китая насчитывалось около 4,7 тыс. автомобилей на водородных топливных элементах, количество водородных заправочных станций было менее 220 — по этому показателю КНР уступала США, Японии, Германии и РК [31]. Согласно новому плану развития автомобильной промышленности на новой энергетике (2021—2035), опубликованному Госсоветом КНР в начале ноября 2020 г., страна сосредоточится на создании цепочки поставок топливных элементов и разработке грузовиков и автобусов на водородных двигателях, а согласно плану развития АИАИЭ, разработанному Министерством промышленности и информационных технологий КНР, в 2021 г. парк автомобилей на водородных топливных элементах в Китае должен составлять 5,5 тыс. ед., в 2025 г. — 50 тыс. и в 2030 г. — 1 млн ед., а количество водородных заправочных станций должно возрасти до 1 тыс. ед. [32].

В последние годы активно развивается сотрудничество между китайскими автопроизводителями и западными компаниями, занимающимися разработкой технологий производства АИИЭ, по созданию СП и автосборочных предприятий для выпуска "зелёных автомобилей" на территории КНР. В 2018 г. группа компаний "Рено-Ниссан" объявила о создании в провинции Хубэй СП с китайской компанией "Дунфэн" Motor, которое с 2020 г. начало производство компактных внедорожников на новых источниках энергии, а японский автомобильный концерн "Ниссан" совместно с компанией "Дунфэн Мотор" построила автосборочный завод по производству АИИЭ. Японская компания намерена к 2022 г. наладить серийное производство, по крайней мере, 20 моделей ЭМ под брендами "Дунфэн", "Ниссан", "Венушиа" и "Инфинити", объём продаж которых в 2022 г. составит около 30 % общего объёма продаж японо-китайского СП, планируемого в размере 2,6 млн автомобилей [33]. Немецкий автопроизводитель "Фольксваген" со своими партнёрами планирует в период 2020—2021 гг. инвестировать более 6 млрд долл. в развитие отрасли автомобилестроения Китая, при этом более 50 % объёма капиталовложений будет инвестировано в развитие отрасли АИИЭ, включая производство, инфраструктурное строительство и НИОКР. Компания "Фольксваген Груп Чайна" в 2020 г. поставила на китайский рынок около 3,5 млн автомобилей, а с момента выхода на автомобильный рынок КНР — в общей сложности более 43 млн ед. [34]. В ближайшие несколько лет автопроизводитель будет вкладывать больше средств в развитие производства ЭМ, чем в традиционные автомобили с ДВС — VW планирует до 2025 г. поставить на китайский рынок 30 видов автомобилей на новых источниках энергии с целью достичь объёма продаж 1,6 млн "зелёных" автомобилей в КНР. В 2021 г. будет запущено производство ЭМ на трёх новых заводах "FAW-Фольксваген" и "SAIC-Фольксваген", а их общая годовая производственная мощность превысит 600 тыс. автомобилей. Немецкий концерн планирует к 2030 г. довести ежегодный объём производства ЭМ до 25 млн ед., причём в сотрудничестве со своими СП в Китае (FAW-VW и SAIC-VW) более 13 млн ЭМ будут производиться в КНР [35]. В 2019 г. американский автомобильный концерн "Форд" объявил о создании СП с китайской компанией "Анхуи Чонтай Аутомобайл" и намерен наладить в Китае в 2025 г. выпуск 15 новых моделей АИИЭ.

В июле 2018 г. американская корпорация "Тесла" подписала соглашение с городским правительством Шанхая о строительстве автосборочного завода и в октябре получила разрешение использовать участок земли площадью 865 тыс. кв. м для строительства завода с общим объёмом инвестиций в 50 млрд юаней (7 млрд долл.), который стал крупнейшим производственным проектом с иностранными инвестициями в истории Шанхая по производству ЭМ, который в 2025 г. будет производить более 20 различных типов ЭМ в Китае общим объёмом более 600—700 тыс. ЭМ. Новый завод (первая производственная площадка компании "Тесла"

за пределами США, расположенная в районе Линган на юго-востоке Шанхая) был построен в рекордно короткие сроки, серийное производство ЭМ "Модель 3" в полном объёме началось с 2020 г., а в феврале 2021 г. на заводе еженедельно производилось 5 тыс. ЭМ этой модели [36]. Илон Маск вложил в строительство автосборочного предприятия в Шанхае около 2 млрд долл. и, когда стало окончательно ясно, что китайский завод "Тесла" будет досрочно построен, стоимость акций компании резко пошла вверх и, если в 2019 г. за одну акцию "Тесла" на шанхайской бирже давали лишь 185 долл., то в декабре 2020 г. она выросла до 530 долл., а в феврале 2021 она достигла исторического максимума — на "Насдаг" за неё давали 864,16 долл. [37]. ЭМ "Модель 3" китайского производства (пробег на одной зарядке — 450 км, разгон до 100 км/ч — за 5,3 сек.) без учёта субсидий стоит 350 тыс. юаней (50 тыс. долл.), а импортируемые ЭМ "Модель 3" стоят 440 тыс. юаней (63 тыс. долл.) [38]. 19 января 2021 г. корпорация "Тесла" Inc. начала продажи новой модели "Модель Y" в Шанхае по цене 300 тыс. юаней, с конца 2020 г. автопроизводитель начал экспортировать "Модель 3" и "Модель Y" из Китая в большинство стран Европы, а в феврале 2021 г. начал поставки этих брендов в страны АСЕАН и в различные города КНР [39]. За счёт привлекательности бренда и конкурентоспособных цен локализация производства даёт бренду "Тесла" массу преимуществ на китайском рынке: освобождение от налога с продаж в размере 10 %, более дешёвая, чем в США, рабочая сила, независимость от торговой войны между Америкой и Китаем, возможность ведения более агрессивной ценовой политики. С увеличением объёмов производства и степени локализации базовая цена может быть снижена примерно на 25 %, что может негативно сказаться на бизнесе китайских стартапов "Ксяэпенг" и Nio, которые уже успели наладить выпуск собственных ЭМ, однако по более высоким ценам. По мнению экспертов КААП, деятельность завода "Тесла Шанхай" позволяет обеспечить не только более низкие производственные затраты по сравнению с импортируемыми в Китай автомобилями западных производителей, но также позволяет обеспечивать более дешёвое послепродажное обслуживание (ремонт, замену компонентов и заправку ЭМ) за счёт поддержки местных цепочек поставок, а очевидный дополнительный плюс заключается в том, что, когда нет очевидной разницы в цене между отечественными и зарубежными брендами, многие искушённые китайские потребители предпочитают делать выбор в пользу признания брендов, локализованных в Китае полностью иностранных либо совместных производств [40]. Кроме того, поскольку китайское правительство после 2022 г. намерено свернуть программу субсидирования продаж электромобилей, то основным стимулом к приобретению ЭМ китайского производства станут лишь ограничения на эксплуатацию автомашин с ДВС в крупных городах КНР. Согласно данным Китайской ассоциации легковых автомобилей, в течение 2020 г. компания "Тесла" Shanghai продала в КНР 137 459 электромобилей брен-

да "Модель 3" (объём мировых продаж этого бренда составил 500 тыс. ед. [41].), что значительно превысило объём продаж популярных китайских моделей ЭМ, таких как NIO ES6 и "Ксяопенг Р7" (объём прибыли компании "Тесла Шанхай" составил 31,5 млрд долл., а чистая прибыль достигла 721 млн долл. — 2020 г. стал первым финансовым годом, в котором "Тесла Шанхай" получила прибыль) [42]. За впечатляющими показателями продаж компании стоит её смелый и агрессивный подход на китайском рынке — от запуска своего первого заграничного завода "ГигаФэктори" в Шанхае и производства китайских автомобилей "Модель 3" с потрясающей скоростью до запуска в конце 2020 г. серии "Модель Y" и быстрого расширения её производства. Согласно заявлению руководства корпорации "Тесла", на её заводе будут производиться две версии серии "Модель Y" — одна версия для Китая, а другая — для экспорта, причём цена на обе версии варьируется от 339 тыс. юаней (52 тыс. долл.) до 369 тыс. юаней соответственно. По сообщениям китайских СМИ, неожиданная цена увеличила количество заявок на "Модель Y" в Китае — количество предварительных заказов достигло 100 тыс. в течение первых 10 часов. Согласно мнению аналитиков КААП, лидерство "Тесла" на китайском рынке ЭМ обусловлено соединением преимуществ компании "Тесла", таких как автоматизация производства, которая увеличила её производственные мощности, и инновационные технологии производства автомобилей, которую компания накопила за годы развития и которые не могут быть легко воспроизведены другими брендами. Китайские компании-производители ЭМ, по-прежнему, используют традиционные линии по производству автомобилей, которые отстают от компании "Тесла" как в объёмах производства, так и в технологическом уровне [43]. Кроме того, их объём инвестиций, направляемый в расширение производства значительно уступает объёму аналогичных капиталовложений американской корпорации. Также "Тесла" повысила узнаваемость бренда, что привлекло много постоянных клиентов в Китае (некоторые клиенты, например, заказывали "Модель 3" китайского производства ещё в 2016 г., и трудно представить, чтобы покупатели так долго ждали, чтобы купить продукцию других брендов). Поддержка бренда муниципальными властями Шанхая посредством субсидий и других мер также помогла повысить популярность "Тесла" среди китайских потребителей. Ожидается, что в период 2021 г. благодаря быстрому восстановлению экономики и растущему потребительскому спросу на ЭМ в Китае "Тесла" достигнет своей цели увеличения объёма продаж ЭМ на китайском рынке до 450 тыс. ед. [44]. Поскольку американская компания стремится расширить свою долю на рынке продаж ЭМ в Китае, она также намерена производить электрорядные колонки для ЭМ на заводе в Шанхае, — завод, занимающий площадь 4841 кв. м и с общим объёмом инвестиций в 42 млн юаней (6,4 млн долл.) должен быть запущен в эксплуатацию в 2021 г., а его годовая производствен-

ная мощность составит 10 тыс. электрорядных колонок [45]. Электрорядные станции компании "Тесла" в Китае в основном расположены в центрах городов, на съездах со скоростных автомагистралей, американская компания также развивает сеть электрорядных колонок в жилых комплексах. К началу 2021 г. "Тесла" уже построила и открыла 750 электрорядных станций с более чем 5,7 тыс. электрорядных колонок в 250 городах Китая. В январе 2021 г. компания "Тесла" открыла свой первый центр на Хайнане в районе Сюин г. Хайкоу, который будет специализироваться на предоставлении консультационных услуг, организации поставок ЭМ и послепродажном обслуживании, а к концу 2021 г. планирует построить электрорядные станции во всех районах Хайнаня [46].

Согласно прогнозу экспертов КААП, в течение 14-й пятилетки (2021—2025 гг.) среднегодовые темпы роста производства АИАИЭ составят 36,1 %, объём производства и продаж АИАИЭ в Китае достигнет более 10 млн ед. (в 2025 г. объём продаж АИАИЭ вырастет до 5,42 млн ед., причём доля ЭМ на рынке АИАИЭ увеличится до 90,9 % [47]) [48]. Ожидается, что к 2030 г. ежегодный объём продаж АИАИЭ в Китае превысит 15 млн ед., а с точки зрения цены и дальности пробега АИАИЭ превзойдут автомобили с ДВС [49]. По утверждению экспертов КААП, стоимость заправки ЭМ в 2021 г. будет снижена до 0,8 юаня за 1 Вт/ч (0,11 долл.), в 2025 г. составит 0,45 юаня за 1 Вт/ч, а в 2030 г. доля ЭМ в парке новых автомобилей КНР составит 58 %, в странах Евросоюза — 49 и 26 % в США [50]. В 2040 г. объём продаж автономных АИАИЭ составит более 50 % объёма продаж новых автомобилей и составит около 20 % общего автомобильного парка КНР, доля беспилотных АИАИЭ в общем объёме пассажирских перевозок может возрасти до 75 % п/км [51]. Специалисты КААП полагают, что по мере активного развития рынка АИАИЭ в стране, в течение ближайших 10 лет Китай может сэкономить более 80 млрд долл. на ежегодных затратах на импорт нефти, поскольку стоимость импорта нефтепродуктов, необходимых для заправки среднего автомобиля, в 10 раз выше, чем стоимость солнечного оборудования, необходимого для обеспечения питания ЭМ [52]. В декабре 2020 г. Государственный Совет и Кабинет министров Китая, утвердили новый план развития отрасли АИАИЭ на период 2021—2035 гг., согласно которому к 2025 г. объём продаж АИАИЭ составит 20 % от общего объёма продаж новых автомобилей (согласно прогнозам аналитиков КААП, в период с 2020 по 2025 г. китайский рынок АИАИЭ будет расти в среднем на 36,1 % в год), к 2035 г. большинство производимых новых автомобилей будут состоять исключительно из АИАИЭ, а весь общественный транспорт в стране будет полностью переведён на электрическую тягу [53].

Литература

1. China auto sales hit record high in 2016. URL: http://www.china.org.cn/business/2017-01/12/content_40095485.htm.
2. Subsidy car boom to slow. URL: http://www.china.org.cn/business/2018-01/11/content_40080106.htm.

3. Industrial Enterprises' Profit and Growth by Business Type. URL: http://www.bjreview.com.cn/Business/201901/t20190118_800154576.html.
4. China's passenger car sales shrink further. URL: http://www.china.org.cn/business/2019-01/11/content_743642_83.htm.
5. Zhang Jie. China's car production, sales surge in Dec 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/21/WS60091987a31024ad0baa42ee.html>.
6. Qiu Quanlin. Automakers reports revenue decline in 2019. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/02/WS5e85b2e9a310128217284014.html>.
7. Top 10 Chinese auto groups by sales volume in 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/27/WS60109a43a31024ad0baa541e.html>.
8. Cao Yingying. Chinese key to driving future mobility ahead. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202102/01/WS60175e2ea31024ad0baa6627.html>.
9. FAW targets 4M car sales in 2021. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-02/03/content_77182393.htm.
10. FAW ranks China's most profitable carmaker in 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202102/01/WS6017c7c5a31024ad0baa6863.html>.
11. SAIC Motor to sell 1.5m vehicles overseas in 2025. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202102/01/WS6017b4d2a31024ad0baa67fa.html>.
12. Great Wall Motors sees record revenue in 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/26/WS600f791ea31024ad0baa5192.html>.
13. Chinese automaker sees 41 % rise in sales in Russia. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/27/WS601131dda31024ad0baa5812.html>.
14. China's luxury cars see sales surge in 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202102/01/WS6017c7b0a31024ad0baa685e.html>.
15. The summary of Chinese economy in 2020. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1213140.shtml>.
16. Registered NEVs rise sharply in China. URL: http://www.china.org.cn/china/2021-01/08/content_77094354.htm.
17. Sun Chi. China aims to double used car market by 2025. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202102/03/WS601a10b2a31024ad0baa6fac.html>.
18. China leads in electric, hybrid vehicle market: survey. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1172599.shtml> (Source: Xinhua Published: 2019/12/8).
19. Yang Zhongyang. Quality Essential for New-Energy Vehicle Sales. China's NEV market grows fast. URL: http://www.bjreview.com/Opinion/2017_03/t20170313_800090982.html.
20. Zhang Shasha. Gearing Up for Growth. New-energy vehicles gain momentum in China's auto market. URL: http://www.bjreview.com/Business/201902/t20190218_800156828.html.
21. China to build more charging points for electric vehicles. URL: http://www.china.org.cn/china/2019-02/10/content_40260230.htm.
22. China to produce, sell over 10 million NEVs during 2021-2025. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1207214.shtml> (Source: Global Times Published: 2021/03/18).
23. Electric car startups sparking with energy as sales become charged. URL: <https://www.chinadaily.com.cn/a/202012/28/WS5fe93753a31024ad0ba9ee4e.html>; Li Xiaoyang. China's new-energy car market continues to expand. URL: http://www.bjreview.com/Business/202101/t20210125_800233515.html.
24. Zhang Hongpei. Chinese EV brands need to rev up efforts in quick-changing competition: analyst. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1212334.shtml>.
25. Cheng Yu. 'New track, new direction, endless possibilities'. URL: http://www.chinadaily.com.cn/a/202011/30/WS5fc449fea31024ad0ba9842a_3.html.
26. China's new-energy car market continues to expand. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-01/29/content_77168720.htm.
27. Zhang Hongpei. New energy cars to see an explosion: analyst. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1212334.shtml>.
28. SAIC-GM-Wuling posts strong auto sales in 2020. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/05/WS5ff413e0a31024ad0baa099b.html>.
29. Li Xiaoyang. China's new-energy car market continues to expand. URL: http://www.bjreview.com/Business/202101/t20210125_800233515.html.
30. Ma Si. Electronic components sector to gain traction. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/30/WS6014a032a31024ad0baa6271.html>.
31. Cao Yingying. Green energy key to speeding up China's emissions reduction. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/25/WS600e28fca31024ad0baa4ce3.html>.
32. Hydrogen seen as green way forward. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/06/WS5ff51ca5a31024ad0baa0c65.html>.
33. Dongfeng Motor sets sights on being top electric car maker. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201902/12/WS5a812513a3106e7dcc13c453.html>.
34. Volkswagen Group China in 2020. URL: http://www.china.org.cn/business/2020-12/26/content_75448022.htm.
35. Li Fusheng. Expo shows dynamics in largest car market. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202004/22/WS5cbcfaaaa3104842260b7655.html>.
36. Tesla raising capacity of gigafactory in Shanghai. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-01/29/content_77167714.htm.
37. Li Fusheng. Tesla slashes prices — rivals will feel the cost. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/29/WS601366e0a31024ad0baa5e97.html>.
38. 1st batch China-produced Tesla vehicles delivered in Shanghai. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/201912/30/WS5e09932aa310cf3e355817a8>.
39. Deliveries begin for Tesla's China-made Model Y. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-02/18/content_77128085.htm.
40. GT Voice: Apple, Tesla enter 'golden' sales period in China. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1214291.shtml>.
41. China's new-energy car market continues to expand. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-01/29/content_77168720.htm.
42. Tesla raising capacity of gigafactory in Shanghai. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-01/29/content_77167714.htm.
43. Tesla to set up plant in Shanghai for EV chargers. URL: http://www.china.org.cn/business/2020-11/27/content_76954750.htm.
44. New China-made Model Y surprises market with cheaper prices. Sales success overshadowed by quality concerns. URL: <https://www.globaltimes.cn/page/202101/1211684.shtml>.
45. Chinese market expected to help Tesla beat 2020 sales goal of 130,000-140,000 units. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1210040.shtml> (Source: Global Times Published: 2020/12/15).
46. He Wei. Tesla begins delivering China-made Model Y electric vehicle. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/18/WS6005466aa31024ad0baa357b.html>.
47. China's NEV market to boom in next five years: report. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202012/06/WS5fcc31e0a31024ad0ba99fb8.html>.
48. China to produce, sell over 10 million NEVs during 2021-2025. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1207214.shtml> (Source: Global Times Published: 2021/03/18).
49. China on EV fast track, but no sign of large scale replacements of conventional vehicles. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202003/15/WS5c8b1ec9a3106c65c34eed28.html>.
50. Stellantis works on strategy to revitalize China business. URL: <http://www.chinadaily.com.cn/a/202101/21/WS6009110aa31024ad0baa42c9.html>.
51. Smart vehicle strategy set to put China strides ahead. URL: http://www.china.org.cn/business/2021-03/02/content_75763236.htm.
52. Li Hong. Electric car market contest will be fierce, but clean. URL: <https://www.globaltimes.cn/content/1172676.shtml> (Source: Global Times Published: 2019/12/8).
53. Zhao Shiyue. NEVs drive China's auto industry growth. URL: <http://www.globaltimes.cn/content/1145576.shtml> (Source: Global Times Published: 2021/2/11).

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Козловский В.Н., Благовещенский Д.И., Гафаров Р.Р., Шахов Н.Р. — Инструменты управления качеством при проектировании новой автомобильной техники 2

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Шпилевский Г.Б. — Алгоритмическое содержание системы активного торможения машин 6

Гладов Г.И., Лебедев Д.Р. — Кинематика поворота длиннобазного сочлененного автопоезда 9

Балакина Е.В., Сергиенко И.В. — Колёса разного радиуса на разных осях автомобиля 12

Климов А.В., Чиркин В.Г., Тишин А.М. — О некоторых конструктивных особенностях и видах транспортных тяговых электрических двигателей 15

Пожидаев С.П. — О теории качения и пятом колесе телеги 21

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Сагды О.Б., Катаргин В.Н. Михеев А.С., Олешкевич А.Н. — Оценка влияния гендерной революции на процессы автомобильного сервиса 27

ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом

Маслов А.А., Сазонов С.Л. — Китайский автопром уверенно входит в XIV пятилетку 31

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

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

Белорусский редакционный совет:

- Альгин В.Б. — д-р техн. наук, профессор, заместитель директора по научной работе ОИМ НАН Беларуси
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 "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 09.06.2021. Подписано в печать 12.07.2021.
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.