ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

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

№ 6 • июнь • 2019

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113:339.137.2

КОРПОРАТИВНАЯ СЛУЖБА МОНИТОРИНГА КАЧЕСТВА АВТОМОБИЛЕЙ В ЭКСПЛУАТАЦИИ КАК КЛЮЧЕВОЙ ЭЛЕМЕНТ РАЗВИТИЯ СИСТЕМЫ МЕНЕДЖМЕНТА КАЧЕСТВА АВТОСБОРОЧНОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Д-р техн. наук **КОЗЛОВСКИЙ В.Н.**,
канд. техн. наук **АЙДАРОВ Д.В.**,
канд. экон. наук. **ВАСИЛЬЕВ М.М., ШАНИН С.А.**
Самарский ГТУ, Международный институт рынка,
ПАО "КАМАЗ" (846.278-44-60)

Представлены результаты исследования организационных структур подразделений мониторинга качества автомобилей в эксплуатации отечественных и иностранных автопроизводителей, с определением ключевой роли соответствующих служб в выработке корпоративной стратегии развития автопроизводителей в области качества и удовлетворённости потребителей.

Ключевые слова: *автомобильная промышленность, мониторинг качества.*

Kozlovskiy V.N., Aydarov D.V., Vasiliev M.M., Shanin S.A.

CORPORATE SERVICE OF MONITORING THE QUALITY OF VEHICLES IN OPERATION AS A KEY ELEMENT OF DEVELOPMENT OF THE QUALITY MANAGEMENT SYSTEM OF THE MECHANICAL ENTERPRISE

The article presents the results of a study of the organizational structures of the units for monitoring the quality of vehicles in operation of domestic and foreign automakers, with the definition of the key role of the relevant services in developing a corporate strategy for the development of automakers in the field of quality and customer satisfaction.

Keywords: *automotive industry, quality monitoring.*

Процессы цифровизации и информатизации различных видов деятельности в целях повышения эффективности компании в настоящее время считаются наиболее актуальными и перспективными. На самом деле развитость и продвинутость информационных инструментов мониторинга, прогнозирования на предприятиях во многом и ранее обеспечивали высокий уровень управляемости процессов системы менеджмента качества. На российских предприятиях в рамках подразделений службы качества планомерно выстраивался аналитический центр, аккумулирующий разнородную информацию о качестве процессов проектирования, производства, продажи и послепродажного обслуживания, а также данные о маркетинговых, в том числе бенчмаркинговых, исследованиях в соответствии с достижениями научно-технического прогресса, и проблемы с конкурентоспособностью напрямую долгое время не просматривались. Конечно, можно говорить об определённой закрытости национального рынка, которая была присуща России до середины 2000-х гг. Этот аспект обеспечивал для национальных автопроизводителей по сути монополию. И конечно, нужно признать наше существенное отставание в теории и практике менеджмента относительно западных примеров, особенно на рубеже 1990-х и 2000-х годов. В принципе именно это отставание, скорее всего, и стало основной причиной резкого падения продаж автомобилей российского производства в тот момент, когда национальный рынок стал открытым. Неумение эффективно управлять сложными системами оказалось критическим. В данном случае *неумение управлять* равнозначно отсутствию опыта работы в кризисных ситуациях, развитых методологий управления, адекватных систем измерения потребительских рынков, а также неповоротливостью российских автогигантов со своими огромными коллективами и производственной базой. По сути всё это определяет несовершенство сложившихся уже к этому моменту систем менеджмента качества, которые не были настроены на гибкость, эффективность и учёт мнения потребительской среды.

Однако определённые и существенные достижения в области аналитической деятельности в рамках СМК российских предприятий автопроизводителей оспаривать сложно. И первый из рассматриваемых — это опыт крупнейшего отечественного производителя лег-

ковых автомобилей, который долгое время по сути определял стандарты развития системы измерения качества для многих российских предприятий. Процессная модель организации аналитической деятельности этого автопроизводителя в области измерения, анализа, прогнозирования качества, надёжности и удовлетворённости воспринимаемым качеством автомобилей в эксплуатации представлена на рис. 1.

Фактически весь комплекс аналитических работ реализуется в рамках отдела работы с претензиями потребителей и анализа качества автомобилей в гарантийной эксплуатации. В качестве управляющих воздействий в процессе анализа обозначены соответствующие стандарты предприятия по измерению и аналитической деятельности, а также комплекс руководящих документов, определяющих порядок деятельности при проведении оценки качества работы подразделений по проектированию, производству, продаже и техническому обслуживанию, а также маркетингу, для формирования индексов протекания соответствующих процессов. В качестве источников информации на входе рассматриваются: дирекция по организации продаж и техническому обслуживанию автомобилей; отдел анализа дефектов (*ОАД*) инженерно-технического центра; дирекция по маркетингу; совокупность источников информации средств массовой информации; потребительская среда; канцелярия; юридическая служба.

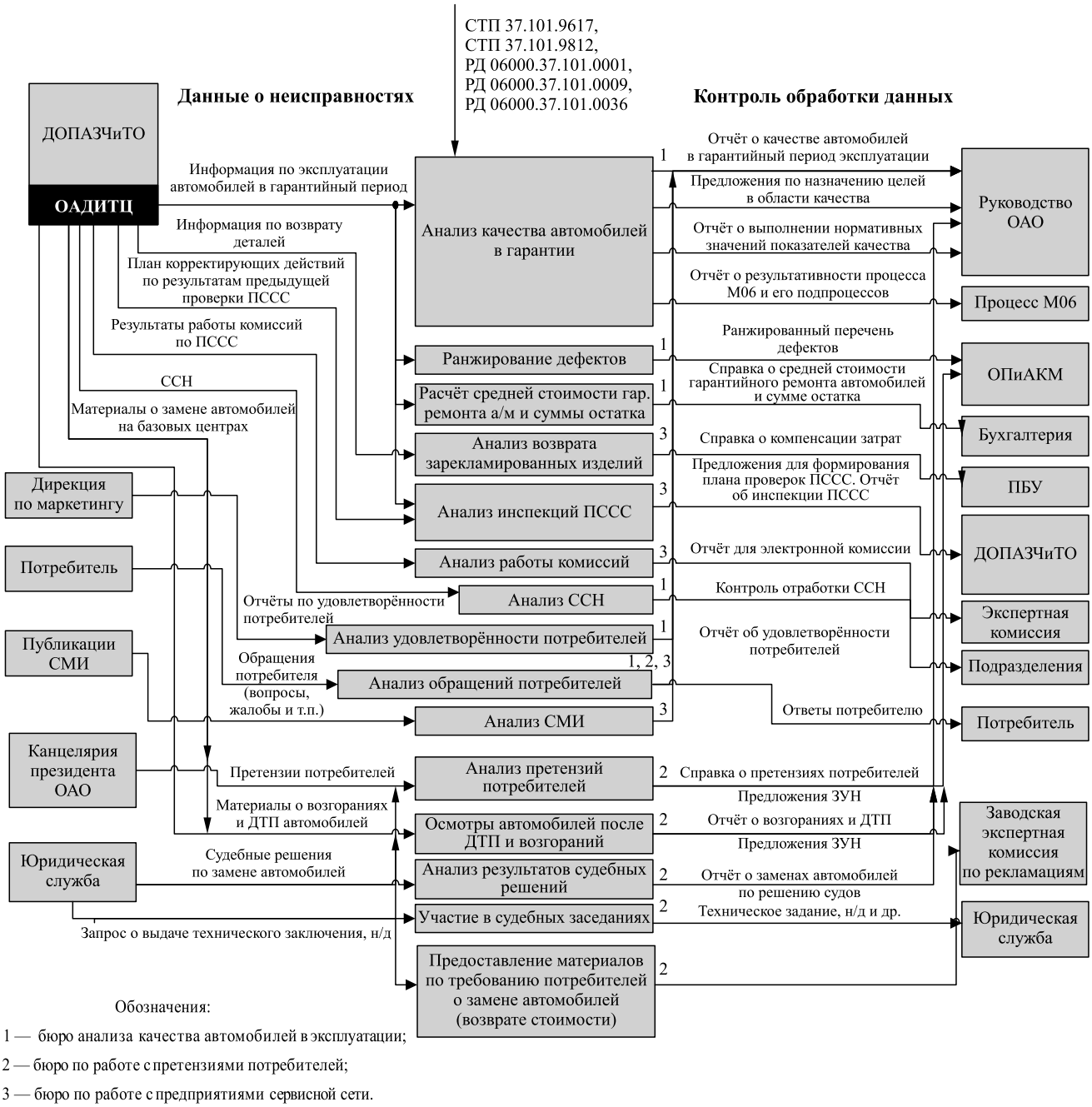


Рис. 1. Процессная модель организации аналитической деятельности автосборочного предприятия в области измерения и анализа качества автомобилей в эксплуатации

Рис. 2. Структура организации деятельности в области измерения удовлетворённости потребителей качеством продукции международного автопроизводителя

Анализ качества автомобилей в гарантийный период эксплуатации проводится на основе электронных данных актов гарантийного обслуживания, регистрируемых в специализированной информационной системе "Качество по результатам гарантийной эксплуатации автомобилей". Она же служит основным источником данных при анализе качества технического обслуживания и предпродажной подготовки автомобилей, а соответствующие данные о качестве автомобилей в период гарантийной эксплуатации — основой для организации процесса назначения целей автопроизводителя в области качества. Результатами аналитической деятельности также являются: ранжированный перечень дефектов автомобилей в эксплуатации; расчёт стоимости гарантийного ремонта автомобилей; анализ возвращённых из гарантийной эксплуатации дефектных комплектующих изделий.

Рассматривая существующую систему аналитической деятельности другого, крупнейшего отечественного производителя автомобильной техники (грузовой), можно сделать вывод, что аналитический функционал заложен в два отдела: испытаний автомобилей и анализа рекламационных дефектов. В первом случае речь идёт об организации и проведении ресурсных испытаний. Второй — имеет схожий функционал, но ограниченный по сравнению с рассмотренными выше функциями анализа качества автомобилей в эксплуатации, соответствующего подразделения производителя легковых автомобилей. С другой стороны, сильная сторона данного производителя грузовой автотехники состоит в значительном объёме проводимых дорожных испытаний автотранспортных средств по показателям надёжности. Однако основным действующим подразделением в данном случае является служба главного конструктора, тогда как департамент качества лишь участвует в данной деятельности.

Перейдём теперь к анализу деятельности аналитической службы, действующей в одном из крупнейших мировых автомобильных альянсов, объединяющем автоконцерны Европы и Азии. Таким образом, в рамках решения задачи научно-технического анализа существующей практики аналитической деятельности мы сможем сопоставить отечественный опыт с опытом лидеров мирового автопрома. Обращаясь к мировой практике аналитической деятельности в области качества, следует отметить, что соответствующие службы в корпорациях играют особую роль в вопросах стратегического планирования. Корпорации—мировые лидеры уделяют развитию своих аналитических подразделений большое внимание. В работе служб занято значительное число экспертов-аналитиков по разным направлениям анализа качества, а кроме этого, в рамках деятельности по мониторингу качества привлекаются маркетинговые институты, являющиеся поставщиками информации в области потребительской удовлетворённости для подразделений дирекции по качеству. На рис. 2 представлена первая из рассматриваемых структур, определяющая взаимодействие в корпоративной дирекции по качеству между подразделениями, занимающимися вопросами оценки удовлетворённости потребителей качеством продукции в эксплуатации. Анализ её сразу же вскрывает позиции, которые при рассмотрении отечественного опыта нами не фиксировались, и связаны они с наличием в структуре корпоративной дирекции качества полноценных подразделений, занимающихся вопросами

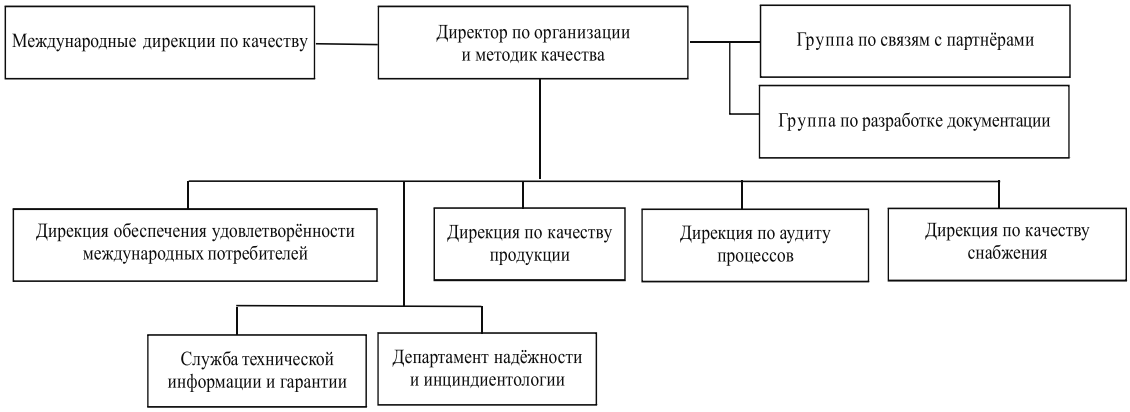


Рис. 3. Структура дирекции по организации и методик качества компании международного автопроизводителя

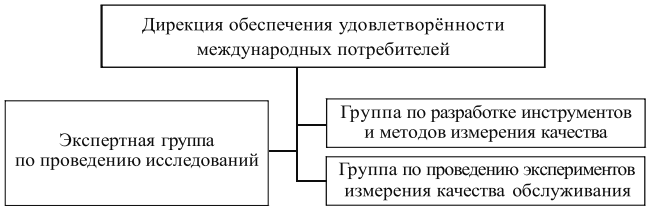


Рис. 4. Структура дирекции обеспечения удовлетворённости международных потребителей

разработки и реализации методик и инструментов измерения качества. В рамках вертикальной связи за дирекцией по организации методик качества находятся международные подразделения по обеспечению удовлетворённости потребителей, а также подразделения, занимающиеся реализацией методов и инструментов оценки удовлетворённости потребителей на практике.

Рассмотрим структуру дирекции по организации и методик качества (рис. 3). В рассматриваемой структуре, кроме вертикальных, действуют и горизонтальные связи на уровне директора, а также с подразделениями международных дирекций по качеству стран основных и наиболее перспективных рынков. Также параллельно функционалу директора соответствует работа двух экспертных подразделений: группа по связям с партнёрами и группа по разработке документации. В первом случае под партнёрами подразумеваются крупные маркетинговые институты, реализующие бенчмаркинговые проекты в области качества. Во втором случае речь идёт о разработке технических заданий (документации) на проведение новых видов исследований качества продукции.

Рассматривая вертикальные связи, получаем несколько департаментов и дирекций, реализующих аналитические функции измерения качества, а также функции аудита и контроля качества, на корпоративном уровне: дирекция обеспечения удовлетворённости международных потребителей; дирекция по качеству продукции; дирекция по аудиту процессов; дирекция по качеству процессов снабжения; служба технической информации и гарантии; департамент надёжности и инцидентологии.

Возвращаясь к проблеме анализа деятельности аналитических служб качества корпораций—лидеров, переходим к рассмотрению структуры дирекции обеспечения удовлетворённости международных потребителей (рис. 4). В состав дирекции входят три укрупнённых блока экспертных групп: по разработке инструментов и методов измерения качества; проведению экспериментов по измерению качества (новые виды исследований); по проведению исследований.

Следующим подразделением, имеющим непосредственное отношение к аналитической службе качества, является служба технической информации и гарантии (рис. 5). Как видно из представленной структуры, дирекция делится на три укрупнённых блока: служба гарантии; служба технической и информационной поддержки гарантии; группа инциндиентологов. Функционал службы гарантии включает в себя: обобщённый анализ дефектов в гарантийной эксплуатации; инспекционные аудиты технических служб предприятий фирменного автосервиса; анализ существующей и координация в разработке новой нормативно-технической документации используемой при техническом обслуживании и ремонте автотранспортных средств в эксплуатации. Основной задачей службы технической поддержки является информационное и консультационное сопровождение процессов обслуживания автомобилей, а также координация работ при экспертном анализе новых видов дефектов, фиксируемых в период эксплуатации автомобилей.

Третий блок работы по технической и информационной гарантии, по сути, отражает функции углублённого анализа впервые возникших в практике эксплуатации АТС инцидентов (отказов) в гарантии, их экспертному сопровождению, техническому описанию соответствующих процессов, а также оценке инцидентов с точки зрения необходимости организации и проведения отзывных кампаний. Также функционал данного направления работы дирекции по качеству включает экспертный анализ и юридическое сопро-

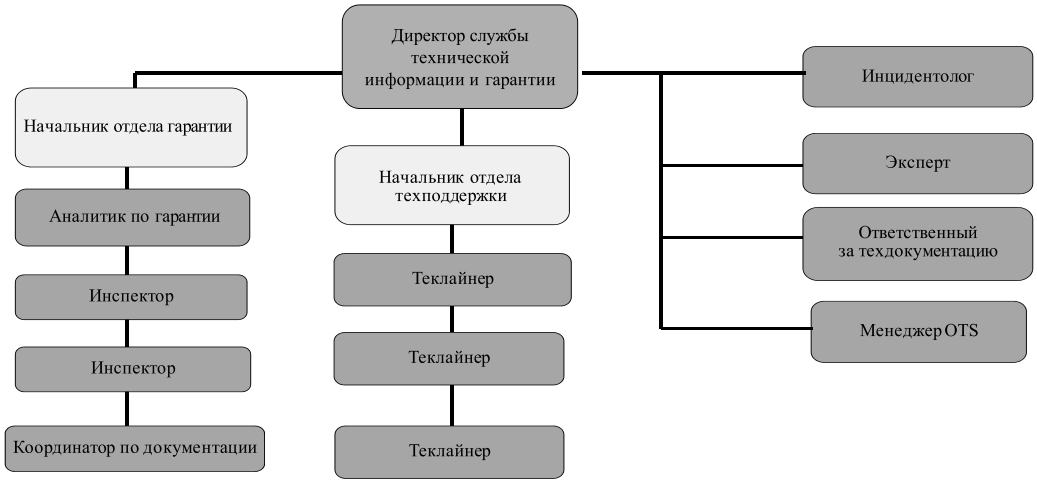


Рис. 5. Структура службы технической и информационной гарантии, корпоративной дирекции по качеству компании международного автопроизводителя

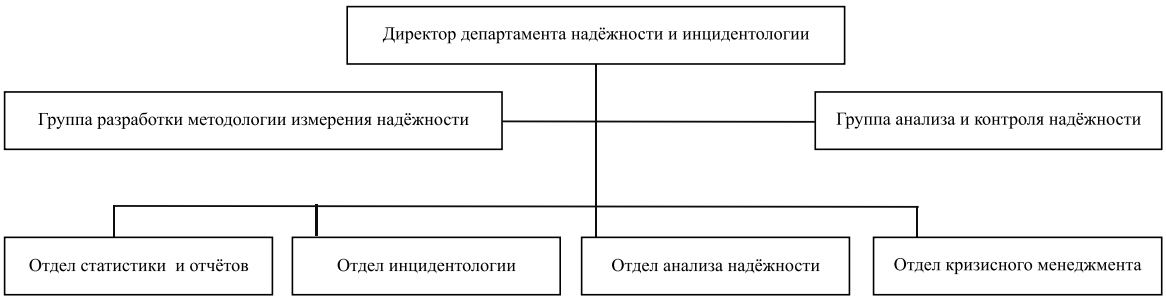


Рис. 6. Структура департамента надёжности и инцидентологии компании международного автопроизводителя

вождение досудебных процессов, а также дел, дошедших до судебного разбирательства и связанных со сложными рекламациями.

На рис. 6 представлена структура департамента надёжности и инцидентологии компании. Департамент состоит из экспертных групп разработки методологии измерения надёжности; обобщённого анализа и контроля надёжности. Также в структуру департамента входят отделы: статистики и отчётов; инцидентологии; анализа надёжности; кризисного менеджмента.

Особенности функциональных обязанностей, заложенные в данную структуру, вполне очевидны. Однако следует уделить внимание отличиям функций экспертных групп от функций отделов, которые заключаются в обобщении и формализации информации, поступающей с нижнего уровня на уровень директора. Также в структуре департамента существует отдел кризисного менеджмента, основной задачей которого является решение кризисов, связанных с качеством и надёжностью продукции в эксплуатации, через координацию работ по разработке и реализации планов корректирующих и предупреждающих действий, а также наработке и реализации мероприятий по устранению выявленных на автомобилях несоответствий в эксплуатации.

Таким образом, на основании проведённых исследований можно сделать вывод, что ни одна из рассмотренных структур управления качеством и соответствующих функциональных особенностей отечественных предприятий не соответствует в полной мере практике ведущих мировых автоконцернов в плане организации аналитической деятельности по направлениям: измерения удовлетворённости потребителей; измерения надёжности автотехники в эксплуатации; развития методов, методик и инструментальной базы соответствующих видов исследований.

Направление дальнейших исследований — разработка и апробация перспективных систем организации аналитической деятельности в области качества и удовлетворённости потребителей, максимально ориентированных под существующую практику отечественных автопроизводителей.

-факты

АВТОМОБИЛЬНЫЙ РЫНОК РОССИИ В ЯНВАРЕ—МАРТЕ 2019 ГОДА

(по информации ОАО "Автосельхозмаш-холдинг")

ЛЕГКОВЫЕ АВТОМОБИЛИ

Продажи легковых автомобилей в январе—марте 2019 года выросли на 2,7 % по отношению к аналогичному периоду прошлого года и составили 427,7 тыс. единиц. Сравнение структуры рынка легковых автомобилей по их происхождению в январе—марте 2019 и 2018 гг. выявляет рост объёмов продаж в сегменте отечественных брендов и зарубежных моделей российской сборки, снижение продаж — в остальных сегментах рынка. В отношении занимаемых долей рынка можно отметить снижение доли в сегментах зарубежных моделей российской сборки, импорта новых и подержанных автомобилей при увеличении доли автомобилей отечественных.

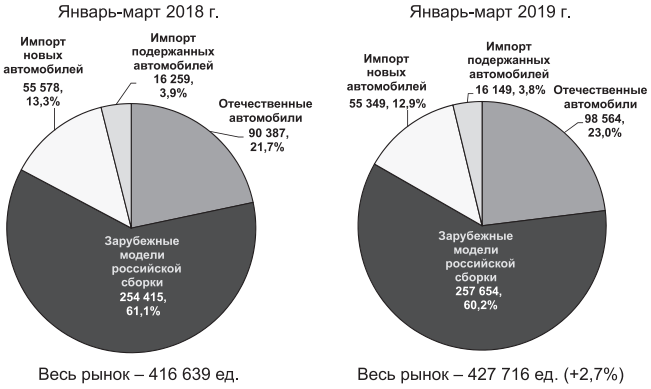
Продажи последних в январе—марте 2019 года выросли на 9,0 % (до 98,6 тыс. ед.), их рыночная доля выросла до 23,0 %. Продажи автомобилей бренда "Лада" в январе—марте 2019 года выросли на 7,8 % (до 93 тыс. ед.), а их доля составила 21,7 %. Продажи зарубежных моделей российской сборки занимают доминирующее положение на рынке легковых автомобилей, их продажи выросли на 1,3 % (до 257,7 тыс. ед.), а доля рынка сократилась с 61,1 до 60,1 %. Совокупная доля продаж всех автомобилей, собранных в России (отечественных зарубежных моделей), немного выросла — с 82,8 до 83,2 %.

Импорт новых легковых автомобилей снизился на 0,4 % (до 55,3 тыс. ед.), а их доля на рынке составила — 12,9 % (с учётом импорта автомобилей по ГТД и ТПО).

Ввоз подержанных машин в январе—марте снизился на 0,7 % и составил 16,2 тыс. ед. При этом ввезено 79 новых электромобилей по ГТД и 585 новых и подержанных по ТПО.

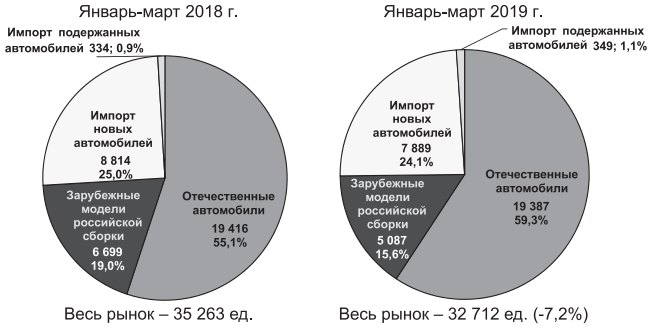
По данным Ассоциации европейского бизнеса, совокупный объём дилерских продаж новых легковых и лёгких коммерческих автомобилей в России январе—марте 2019 г. составил 391 650 ед., что на 0,3 % меньше, чем январе—марте 2018 г. (392 920 ед.). Импорт легковых автомобилей по ТПО (включён в расчёт рынка), в январе—марте 2019 г. составил 15 333 ед. против 8576 ед. годом ранее; из них на подержанные автомобили пришлось 13 899 и 7632 ед. соответственно.

СТРУКТУРА РОССИЙСКОГО РЫНКА ЛЕГКОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



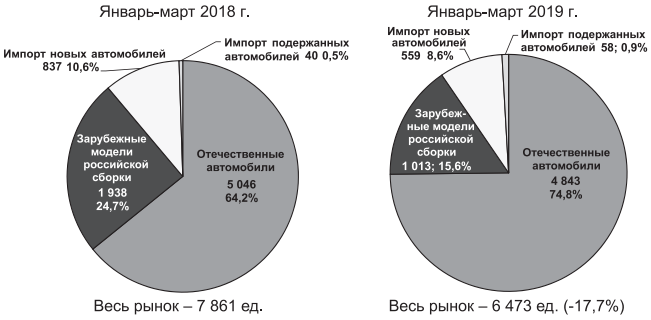
ГРУЗОВЫЕ АВТОМОБИЛИ (ВКЛЮЧАЯ МАЛОТОННАЖНЫЕ)

СТРУКТУРА РОССИЙСКОГО РЫНКА ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



АВТОБУСЫ И МИКРОАВТОБУСЫ

СТРУКТУРА РОССИЙСКОГО РЫНКА АВТОБУСОВ ПО ПРОИСХОЖДЕНИЮ



КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.113/115

БУДУЩЕЕ ЭЛЕКТРОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **ПЕТРУШОВ В.А.**
НАМИ (petrushov@nami.ru)

Кризис электромобильной доктрины предопределяется структурой и масштабами ресурсо- и энергопотребления парка электромобилей, замещающего парк автомобилей с ДВС, и потребностью в редкоземельных металлах для аккумуляторов.

Ключевые слова: *электромобиль, энергоресурсы, электростанции, аккумуляторы, автомобили с нулевой эмиссией, сопротивления качению, аэродинамические сопротивления, транспортная экология.*

Petrushov V.A.
FUTURE OF ELECTRIC VEHICLE

The crisis of the electromotive doctrine is predetermined by the structure and scale of the resource- energy consumption of the electric vehicle fleet that replaces the car park with internal combustion engines, and the need for rare earth metals for batteries.

Keywords: *electric vehicle, energy resources, power stations, accumulators, zero emission vehicle, rolling resistance, aerodynamic transport ecology.*

Электромобиль — выдающееся изобретение со 150-летней историей, интенсивно продвигаемый в последние 15 лет на роль массового транспортного средства для спасения среды обитания человека от токсического и шумового загрязнения. Несмотря на то, что электромобиль до сих пор не стал массовым, он не теряет своей социальной и технической привлекательности для многих аналитиков, журналистов, чиновников и предпринимателей благодаря ряду общеизвестных положительных качеств. Однако наряду с положительными имеет он и не менее известные отрицательные качества, вследствие чего многолетние многомиллионные правительственные программы поддержки продвижения электромобилей, принятые во многих странах, ощутимых экологических результатов пока не дали. Многие СМИ ободряюще рисуют неуклонный рост продаж электромобилей (в процентах), при том что более объективным индикатором экологической обстановки являются не продажи, а парки электромобилей, которые остаются ничтожными. Так, в "лидирующей" Норвегии на электромобили приходится 3 % парка, в Китае — 1,5, а в остальных странах

не превышает 1,2 % (в России 0,002 %). Мировой же парк электромобилей едва достиг четырёх миллионов, что при парке автомобилей с ДВС в 1,45 млрд шт. составляет всего 0,28 %; IEA прогнозирует его в 1,6 % к 2020 г. и 4 % к 2035. В этих условиях правительства некоторых стран уже заявили о намерении к 2040 году запретить производство ДВС в пользу электротяги. Однако ряд СМИ обращает внимание: в том, что правоприемники нынешних руководителей через 5—6 выборных компаний будут иметь такое же мнение на этот счёт, уверенности нет.

ПОТРЕБУЕТ МНОГО ЭЛЕКТРОЭНЕРГИИ

Идея полного запрета двигателей внутреннего сгорания базируется на осознании экологической бесполезности *частичной* замены поршневого автопарка электромобилями (пассажирскими и грузовыми!). А мировой автомобильный парк с ДВС к 2040 году составит не менее 1,85 млрд ед. с потреблением около 4466 млн т углеродосодержащих топлив с энергией 6300 ГВт. Из этого потенциала с учётом среднеэксплуатационного КПД ДВС всех типов порядка 24 % среднегодовая мощность сопротивлений движения автопарка составила бы 1500 ГВт. Парк электромобилей с такой же мощностью сопротивлений движению и КПД цепи "электростанция—электродвигатель электромобиля" около 76 % потребует свыше 1900 ГВт электроэнергии. Мощность всех электростанций мира, в настоящее время составляющая по данным IEA порядка 2300 ГВт, по прогнозам к 2040 году возрастёт до 4500 ГВт (см., например, *peretok.ru*). Использовать её под зарядку электромобилей невозможно: остановятся промышленность, железнодорожный транспорт, освещение, разнообразный сервис. Таким образом, 1900 ГВт — это мощность электростанций, которые надо построить, *в дополнение* к источникам в 4500 ГВт, чтобы обеспечить функционирование именно парка электромобилей, вытесняющего традиционные автотранспортные средства. Это, например, строительство 215 АЭС с мощностями крупнейшей среди них "Фукусимы" (8,82 ГВт). Мировая экономика не справится с задачами таких масштабов, даже если во имя сделанных заявлений правительства проявили бы полную солидарность.

При отсутствии перспектив замены парка автомобилей с ДВС в глобальных масштабах оценка возможности решения той же задачи в масштабах отдельных стран определяется тем, что показанные глобальные пропорции характерны и для большинства стран развитой автомобилизации. Продолжающийся стремительный рост автомобильных парков привёл к тому, что по мощности энергопотребления автомобильные парки в большинстве стран превосходят мощности электростанций. Следовательно, замена традиционных автомобилей на электромобили в масштабах вышеупомянутых стран нуждается, как минимум, в удвоении мощности электростанций. Одними из первых на эти проблемы в связи с планами отказа от ДВС обратили внимание в правительстве Великобритании. Министр энергетики страны Эмбер Радд ещё в 2016 году заявил: *"Чтобы удовлетворить рост спроса на электроэнергию, в Британии понадобится построить 10 тыс. ветряных турбин, или десять новых атомных электростанций. Других вариантов нет и быть не может. Строительство АЭС может обойтись казне в более чем 200 млрд фунтов стерлингов".* (REGNUM, 24.03.2016.)

Созвучно выступило Правительство Норвегии, заявив, что у него *"нет планов вводить запрет на автомобили с ДВС. В Норвегии доля электромобилей не превышает 3 % всего автопарка и в национальном плане, в частности, поставлена задача снизить средний уровень выбросов CO_2 новых автомобилей до 85 граммов на километр к 2020 году".* (AUTOASS.RU, 18.08.2016.)

Правительство России в 2018 году опубликовало "Стратегию развития автомобильной промышленности РФ на период до 2025 года", которая содержит прогноз доли электромобилей в рынке 5 % к концу периода. Из приводимого прогноза рынка по годам следует, что к 2025 году можно ожидать накопленного парка электромобилей порядка 320 тыс. шт., т.е. 0,5 % общего парка. Таким образом, прогноз показывает, что ключевой вызов улучшения показателей транспортной экологии в стране (как и в мире) в обозримый период лежит не в альтернативном транспорте, а в сфере интенсивно растущего парка автомобилей с ДВС.

ЕМУ НУЖНЫ ДВА ВИДА ЭНЕРГИИ И РЕСУРСОВ

Значительный расход электроэнергии — не единственный вид затрат энергоресурсов для "борьбы с ДВС" с помощью электромобилей. Те, кто продвигают индустрию электромобилей, очень стараются не касаться их важнейшей характеристики: *одновременного расходования двух видов энергетических ресурсов* любой страны. "Электромобили ездят на угле", образно подчеркнул эту особенность электромобиля Президент РФ В.В. Путин (на Международном Форуме по энергоэффективности 04.10.2017).

Источники получения электроэнергии и их доли представлены в табл. 1.

Вопреки бытующему мнению, уголь — вовсе не анахронизм энергетики. Академик В.Е. Фортов с коллегами прогнозирует расширение его применения в топках парогазовых систем электростанций в соревновании с газом. Академик С.А. Христианович сделал Россию лидером идеи парогазового цикла с КПД до 60 % против 35—36 % у существующих чисто угольных ТЭС.

Таким образом, потребность в электроэнергии для любого парка электромобилей, сопоставимого по размерам с вытесняемым парком автомобилей с ДВС, может быть удовлетворена только вводом дополни-

Таблица 1

Источники энергии	В мире, %	В России, %
Тепловые электростанции (уголь, торф, газ, нефть)	66,7	68
Гидроэлектростанции	16,4	16
Атомные электростанции	10,6	16
Возобновляемые (ВИЭ)	6,3	—

тельных мощностей путём строительства новых источников электроэнергии: ТЭС, АЭС, ГЭС или ВИЭ. Все они потребовали бы, во-первых, средств на их строительство, превышающих по стоимости длительный расход энергетических ресурсов на производство самой электроэнергии. Во-вторых, их ввод в строй связан с нанесением экологического ущерба электростанциями: ТЭС — тепловыми и токсическими выбросами, ГЭС — затоплением полезных площадей, ущербом природе и социуму. АЭС — увеличением опасного социоэкологического потенциала и вредных отходов производства, неизбежным ростом добычи урана, производства урановых стержней и накоплением отработанного ядерного топлива. Будучи построенными, они расходовали бы на ТЭС — уголь, газ, топочный мазут, на АЭС — дорогостоящее ядерное топливо. Использование всех источников электроэнергии для электромобилей, а не только ТЭС, явилось бы второй статьей крупных экономических расходов любой страны. При этом, генерирование той части электроэнергии, которая поставлялась бы в электромобильный парк помимо ТЭС, экологически безвредным рассматриваться не может.

Случайно ли энтузиасты электромобиля забывают, что его важнейшей технико-экономической характеристикой является *потребление* электрической и других видов энергии и национальных ресурсов. Изложенное показывает, что главной бедой электромобильной доктрины является не аккумулятор и его зарядка (включая проблемы инфраструктуры), и не кондиционирование салона в странах с экстремальным климатом.

Правительства и специалисты государств, нацеленные на запрет ДВС, начинают осознавать, что, в отличие от гигапарка автомобилей с ДВС, содержание будущего полноразмерного парка электромобилей означает **одновременный расход** государственных ресурсов сразу двух видов: собственно электроэнергии, вырабатываемой на действующих электростанциях всех типов, и ресурсов, расходуемых на её выработку в виде **строительства новых электростанций** (ТЭС и расхода углеродосодержащих топлив на них (65 %); ГЭС, с ущербом природе и социуму затоплением полезных площадей; АЭС, с увеличением опасного социоэкологического потенциала в виде роста добычи и расхода урана для урановых стержней и накоплением отработавшего ядерного топлива).

ЭЛЕКТРОМОБИЛЮ НЕ ХВАТИТ РЕДКОЗЁМОВ

Нехватка электроэнергии в глобальных масштабах — не единственная проблема на пути к полной замене ДВС электротягой. Авторитетный специалист по редкоземельным металлам Джек Лифтон в своём опусе "ДВС будет жить очень долго", основываясь на их дефиците (в первую очередь, лантана и лития) и анализе их расхода при производстве различных видов аккумуляторов, предупреждал, что максимально возможный объём мирового производства электромобилей не сможет превышать 7 млн шт. в год. Дефицит уже подтверждается компанией "Тесла". В марте прошлого года её глава заявил, что *"для производства полумиллиона автомобилей в год компании "Тесла" придётся закупать весь литий в мире. А ведь литий — это не только батареи для автомобилей. Как минимум, это ещё и столь необходимые всем смартфоны".* (Naked—Science.ru Magazine, 2017—11 № 33.) Если даже вообразить, что на такие предельные объёмы выпуска промышленность выйдет к 2021 году, то к 2040 году будет выпущено только 140 млн электрокаров. Для экологически весомого вытеснения из парка 1,85 миллиарда автомобилей с ДВС этого 7,5-процентного "вливания" электромобилей недостаточно.

ОСОБЕННОСТИ НАЦИОНАЛЬНОГО ЗАПРЕТА ДВС

Рано или поздно в правительственных кругах стран, заявивших о запрете ДВС (Норвегия, Нидерланды, Великобритания, Германия, Франция, Китай, Индия) должны пояснить, распространяется ли этот запрет на гибриды, которых без ДВС не бывает и которых около половины от проданных электромобилей в 2017 г. (см. "РБК"). Несомненный интерес имела бы также информация, распространятся ли эти запреты производства на ДВС для магистральных автопоездов с их мощностями 400—500 кВт и сельскохозяйственной, особенно, фермерской техники.

Пиар этой "борьбы с ДВС" неизбежно потребует также руководящих указаний конструкторам — как им переводить на аккумуляторную тягу тяжёлые городские грузовые и пассажирские автопоезда, коммунальную, мощную строительную и пожарную технику, трактора, танки и бронетранспортёры. Если же речь пойдёт только о легковых автомобилях для граждан, то мнение последних пока не запрашивалось, и дальнейшие правительственные пояснения, подобные норвежским, весьма вероятны.

ЭЛЕКТРОМОБИЛЬ — НЕ ТРАНСПОРТ НУЛЕВОЙ ЭМИССИИ

Приведённые выше оценки сделаны в предпосылке широко распространённого представления электромобиля как транспорта нулевой эмиссии (*ZEV*), т.е. не выделяющего в окружающую среду токсических веществ. Однако более пристальное внимание к идее "электромобиль" (хоть и на 150-м году её развития) выявляет, что таковым он не является! Во-первых, электромобиль лишь переносит место токсической атаки на среду от автомобиля к электростанции, где сжигается углеродосодержащее топливо. Во-вторых, исследования в ряде европейских стран и в России выявили, что источником вредных выбросов более интенсивным, чем выхлопные газы автомобиля, является шинная пыль: канцерогенно опасные частицы размером менее 10 мк от износа шин легковых автомобилей в 60, а грузовых в 150 раз превышают нормы Правил ООН, явившиеся катализатором недавнего евроамериканского скандала, известного как "Дизель-гейт".

Появились публикации, авторы которых, показывая осознание токсичности ТЭС, питающих электромобили, справедливо говорят, что в сконцентрированных на ТЭС источниках вредных выбросов **борьба с ними** может быть более успешной, чем в рассредото-

ченных электромобилях. Таким образом, и пропагандирующие рост продаж электромобилей журналисты признают необходимость борьбы с вызываемыми этим ростом вредными выбросами.

Добровольцы "зелёной энергетики", осознав, что массовый электромобиль без токсичных ТЭС существовать не может, предупреждают, что они согласятся с применением электрокаров, только если они будут заряжаться энергией, получаемой от ГЭС или АЭС. Как видим, ещё не всеми аналитиками учитывается, что замена существующего поршневого парка электромобилями связана со строительством *новых* ГЭС и АЭС и, следовательно, с нанесением ими неизбежного экологического ущерба.

УБИЙЦА МИРОВОГО АВТОПРОМА?

Среди многочисленных публикаций, описывающих успехи лидера производства электромобилей — компании "Тесла", корреспонденция в журнале "Форбс" [1] выделяется тезисом: "Тесла — убийца мировой автомобильной промышленности со страшными последствиями глобальной безработицы". Так описываются продажи электромобилей Тесла: *"в 2017 году "Модель S" обогнала "Мерседес" S-класса, БМВ 7-й серии и "Ауди" А8 в своей ценовой категории в Европе. Причём если у "Модели S" европейские продажи за прошлый год выросли на 30 %, то у БМВ 7-й серии — упали на 13 %. "Тесла" пожирает европейские марки заживо на их собственном рынке, а в Штатах процесс идет ещё быстрее. В 2018 году "Модель S" там опять показала рост продаж, в то время как продажи "Кадиллак" XTS просели на 27 %, "Мерседес" S-класса — на 16 %. Само собой, "Модель S" своих ценовых одноклассников обошла куда сильнее. "Тесла" не просто намерена ударить по традиционным автопроизводителям, а уже это сделала. Её продажи в США в сентябре 2018 г. в штуках выросли на 563,6 % по сравнению с сентябрём прошлого года. А у "Мерседес-Бенц" — упали на 15,6 %. И это только начало".*

Всё верно: у фирмы "Тесла" продажи в целом выросли, а у конкурентов упали, вот только у каждого, извините, "сожраннного" конкурента в 2018 году (январь—ноябрь) продажи превышают 1,3—1,7 млн автомобилей с ДВС, а у "пожирающей" их электромобильной компании недотягивают и до 0,16 млн (табл. 2). А почему автор нажимает на традиционные журналистские проценты и помодельное сравнение? А так ему удобнее: ведь, чтобы разрекламировать удар "Тесла" по мировому автопрому как уже состоявшийся, надо показать продажи автопрома, а они в 2018 году (январь—ноябрь) достигли 76,9 млн шт. (данные *АЕВ* по производству легковых автомобилей за январь—ноябрь 2017 и 2018 гг. — в табл. 2). То есть удельный вес продукции компании, *"поглотившей мировой рынок",* оказывается, **не превышает и 0,2 %** этого рынка. Куда тут вклеишь фанфарные 500—600 %? [2].

Вывод: ***использование в креативных целях журналистских публикаций об успехах электромобилестроения лишь на основе процентов роста того или иного показателя требует именно в этих случаях привлечения абсолютных данных, нередко скрываемых такими "процентами" для достижения рекламных целей.***

Таблица 2

Компания	2017 г.	2018 г.	Прирост
"Тесла"	66 816	155 276	+88 460 (+132 %)
"Мерседес-Бенц"	2 133 649	1 773 664	−365 185 (−17 %)
БМВ	1 679 332	1 422 181	−257 151 (−15 %)
"Ауди"	1 656 134	1 386 157	−269 977 (−16 %)
Всего в Мире	77 750 000*	76 895 531	−854 469 (−1,1 %)
Примечание: * — уточняется.			

В 2018 году "Тесла" вышла на годовой объём производства в 245 240 шт. Предположим, что за счёт своих будущих гигазаводов к 2025 году именно "Тесла" выйдет на предельный по добыче редкозёмов уровень 7 млн шт./год (прирост по миллиону шт./год — конечно, фантастика, но предположим). А дальше при таком ежегодном приросте и отсутствии списания даже к 2050 году парк достигнет 175 млн электромобилей при общем парке около 2 млрд, т.е. всего 8,8 %. И если редкозёмы не кончатся, к концу века — всего 525 млн электромобилей (опять же при условии нулевого списания). То есть ***"убиение мирового автопрома"*** **электромобилями "Тесла" до конца века никак не просматривается** (так же, как и всеми электромобилями, которые могли бы быть выпущены в мире) [2].

А НЕ ПОМОЖЕТ ЛИ СОЛНЕЧНАЯ ЭНЕРГЕТИКА?

В упомянутой выше корреспонденции [1] читаем: *"Тесла" не просто продаёт электромобили, она ещё и устанавливает солнечные батареи на крыши домов. К весне 2018 года они выработали 10,3 миллиарда киловатт-часов. Это равно годовому потреблению 3,4 млн "Моделей 3" (при пробеге 20 000 км в год у каждой). На сегодня "Тесла" выпустила куда меньше электромобилей".* Информация о технологии сбора данных по выработке электроэнергии батареями частных владельцев представила бы интерес. Но главное в том, что тезис вбрасывать в энергосети столько солнечной энергии, сколько нужно для эксплуатации выпущенных электромобилей, теоретически — очень заманчив не только в применении к продукции "Теслы", но и к электромобилям вообще. Он равнозначен ключевому вызову: *"электрокары "Тесла" в энергии существующих электросетей не нуждаются".* К сожалению, эта светлая надёжа находится в противоречии с простыми данными, объявленными самой компанией: ёмкость батарей её электромобилей 65—85кВ·ч, а суточная производительность её крыш "Солар Руф" — всего 15 кВт·ч в сутки. Даже если покупатель отказывается от своих бытовых электропотребностей, сколько же дней он должен заряжать электромобиль? Как при таких соотношениях "Тесла" обеспечила солнечной энергией эксплуатацию проданных ею электрокаров, не говоря уж о выработанной на крышах энергии для 3,4 млн электромобилей? [2].

В этой ситуации следует прислушаться к мнению (несколько неожиданному) самого авторитетного спе-

циалиста по электромобилям и их зарядке — И. Маска. На ежегодном собрании выпускников Масачусетского технологического института (*MIT*), напомнив, что солнечная батарея состоит из четырёх обязательных элементов (панель, контроллер, инвертор, аккумулятор), он отметил: *"Такая архитектура является весьма громоздкой, вследствие чего не обеспечивает должной надёжности. Кроме того, её элементы, будучи сами по себе весьма дорогостоящими, вдобавок требуют периодического обслуживания и замены. Особенно это касается аккумуляторной батареи. Добавив к этому невысокую удельную мощность, необходимость первоначальных больших инвестиций, низкий уровень КПД (14—15 %), критическую зависимость эффективности работы от погодных условий и климата, требование большого количества вспомогательной техники и больших площадей для размещения, получим в итоге совсем не радужную картину. Следует учитывать и то обстоятельство, что производство и особенно утилизация аккумуляторных батарей и солнечных модулей являются чрезвычайно энергоёмкими и наносящими экологический вред. В общем, несмотря на все достоинства таких установок, минусы тут, скорее, перевешивают плюсы".*

В связи с этим можно напомнить, что наряду с малыми индивидуальными источниками существует путь создания крупных солнечных электростанций (СЭС). Попытки обеспечить земную цивилизацию солнечной энергией имеют, как и электромобиль, более чем вековую историю. Но только с 2006 года они начали было приобретать форму преодоления серьёзнейших трудностей индустриальным способом: по инициативе немецкого физика Кинса был образован консорциум "Дизертек" (*"Desertek"*) в составе 17 корпораций (в т.ч. ABB, "Дойче банк", "Сименс", "Бош") для размещения в Сахаре и смежных пустынях гигантской электростанции мощностью 20 ГВт с площадью солнечных концентраторов 14500 км^2. Консорциум пришёл к выводу, что ***это должны быть не фотоэлектрические панели, а параболические алюминиевые зеркала с жидким теплоносителем в трубках высокого давления.*** Несмотря на мощность, на порядок превосходящую таковую любой другой ГЭС, АЭС или СЭС в мире и стоимость в 400 млрд Евро, проект мог бы обеспечить всего 15 % потребности Европы в электроэнергии.

Другим видом СЭС являются станции башенного типа. На башнях высотой 140—260 м устанавливают бойлер с рабочей температурой 500—700 °С, а вокруг по концентрическим окружностям — зеркала-гелиостаты с компьютерной фокусировкой отражённых лучей на бойлер. Электроэнергию получают на электростанции рядом с башней, используя паротурбинный привод генераторов. По такой схеме начато строительство СЭС мощностью 5 ГВт в Арабских Эмиратах на площади 214 км^2 с высотой башни 260 м и использованием 2,3 млн зеркал. Эта станция становится самой крупной из числа строящихся, так как консорциум "Дезертек" теряет активность (проект покинули "Сименс", "Бош" и др., осталась половина участников — сказалась нестабильность в Северной Африке).

Компания "Тесла", благодаря пакету оригинальных инженерных и организационных решений, — наиболее успешный производитель электромобилей (трёхфазный двигатель переменного тока и система управления им, компоновка батареи, снизившая центр тяжести, повысившая крутильную жёсткость, вместимость и рейтинг краш-теста кузова, система охлаждения батареи и двигателя, интегрированная с системой кондиционирования кузова, суперспортивная динамика разгона, развитая система оригинальных заправочных станций, показателен и логичен отказ И. Маска от гибридов, возвращающих электромобиль в "объятия ДВС"). Автомобили "Тесла" пользуются спросом в районах с климатом Калифорнии, не как *ZEV*, а привлекая состоятельных покупателей некоторыми из вышеперечисленных оригинальных качеств. Допустим, что в некоторых районах США доля электромобилей "Тесла" превысит 3—4 % в общем парке района. Но к 2030 году размеры мирового автомобильного парка достигнут 1,7 млрд. Для полного вытеснения автомобилей с ДВС электромобилями их потребуется *столько же,* а для приведения их в движение — не менее 5800 ГВт мощности солнечных электростанций мира. Ни того ни другого у мирового сообщества нет (не только у И. Маска) и до конца века не прибудет. И это при том, что в настоящее время мировая мощность ГЭС, ТЭС, АЭС и ВИЭ, ориентируясь на данные министерства энергетики США, составляет около 2200 ГВт. К 2030 году она достигнет 3000 ГВт, и отдать её под зарядку электромобилей невозможно, иначе описывать "последний день мирового автопрома" придётся при лучине.

Итак, наиболее крупная строящаяся СЭС с проектной мощностью 5 ГВт расположена в жаркопустынной местности. В мире действуют ещё 7 больших СЭС мощностью от 1,5 до 0,3 ГВт в Китае, Индии, Мексике, США, расположенных в районах с большим числом солнечных дней.

Применимость СЭС для решения крупных энергетических задач ограничивают: географическая широта расположения, климат, время года, время суток, плотность облачности. Суточные колебания освещённости — основная причина иметь буферную компенсирующую электроэнергетику, а на СЭС мощные аккумуляторы. В средней полосе России, например, среднегодовое количество солнечных дней 114 при среднегодовом количестве солнечных часов в них 5,5, т.е. всего 7 % солнечных часов в году. В Великобритании в районе Лондона эти цифры соответственно 80, 5,6 и 5 %. В Крыму солнечных дней 264, солнечных часов по различным районам от 2300 до 4460 (26—51 %), а мощность трёх СЭС всего 187,5 МВт при потребности 1200 МВт.

По данным *IEA* даже к 2050 году мощности СЭС в мире составят только 20—27 %. Даже если сбудутся более смелые, но менее обоснованные предсказания компании *DNV GL* о том, что к этому времени соответствующая цифра достигнет 60 %, это не позволит обеспечить солнечной электроэнергией одновременно промышленность и транспорт.

ПОТЕНЦИАЛ ТРАНСПОРТНОЙ ЭКОЛОГИИ — В ПАРКЕ АВТОМОБИЛЕЙ С ДВС

Главной чертой средне- и долгосрочного развития ситуации в сфере экологии автомобильного транспорта является то, что мировой парк автомобилей с ДВС превосходит парк ЭМ в 360 раз и продолжает расти в 25 раз быстрее парка последних. Отсюда ***опасность риска невнимания к подавляюще главному источнику тепловых и токсических выбросов — парку АТС с поршневыми двигателями.*** На этом пути главным инструментом решения задачи становится совершенствование методов контроля экологических параметров транспортных средств на всех стадиях жизненного цикла: от проектирования до утилизации. Пассивное ожидание энергетического чуда из недр приближающегося 6-го технологического уклада — не путь для развитых стран. ДВС, например, прошли 25-летний путь активного совершенствования экологических качеств от Евро-1 до Евро-6 и готовятся к Евро-7. Они сложнее электромотора, но это плата за приведение в регулярное движение более 1,5 миллиардов колёсных и гусеничных машин мощностью от 0,5 до 1000 и более л.с.

Основными параметрами автомобиля, влияющими на потребляемую им энергию двигателя, и, следовательно, на расходы топлива, тепловые и токсические выбросы являются коэффициент аэродинамического сопротивления C_X и коэффициент сопротивления качению C_r. Их снижение — главный, после любого типа двигателя, вектор экологического прогресса в сфере наземного транспорта [2]. Замена ДВС автомобиля с топливным баком на электродвигатель с аккумулятором его аэродинамические качества существенно не улучшает, а сопротивление качению увеличивает в среднем на 20 % пропорционально утяжелению за счёт аккумуляторов. Таким образом, ***мощность сопротивлений движению и тепловые выбросы при одинаковых размерах парков у электромобиля выше, чем у поршневого, и шины с малыми сопротивлениями качению ему "нужнее", чем традиционному.***

Соотношения между сопротивлениями качению автомобиля, аэродинамическими сопротивлениями и потерями в двигателе в среднем соотносятся как 45:36:18 %, т.е. ***70—80 % энергии топлива, превращаемой в итоге в тепловые и токсические выбросы, формируется сопротивлениями качению шин и аэродинамикой автомобиля*** [3—5]. В глобальном масштабе это значит, что из 2,9 млрд т. автомобильных топлив более 2,0 млрд т в мире расходуется на преодоление сопротивлений качению и аэродинамических потерь. (Продолжающийся рост этих показателей не останавливается ни альтернативными топливами, ни электроприводом.) Масштабы теплового и токсического шинного компресса на теле Земли показаны на рис. 1. Данные 2004 года демонстрировались в том же году представителями России на заседании Рабочей группы *GRRF* Всемирного Форума *WP*.29 и сыграли принципиальную роль в принятии решений международного уровня, касающихся методов измерения и стратегии снижения сопротивлений качению. На рисунке добавлена динамика процесса за 14 лет [2].

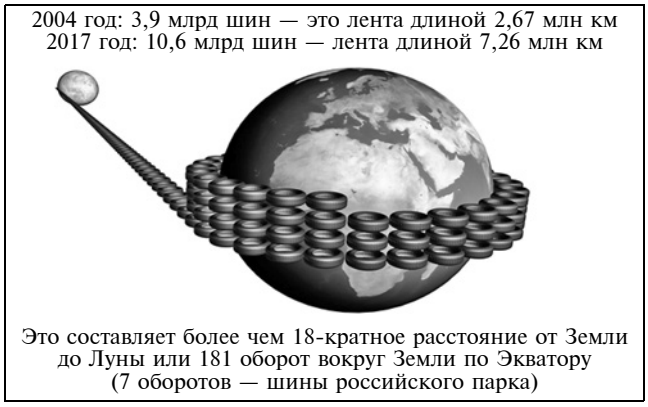


Рис. 1. Масштабы теплового и токсического шинного компресса на теле Земли

Каждые 10 % снижения сопротивления качению шин автомобиля дают в среднем 3 % экономии топлива. Для экономии топлива в 10 % необходимо снижение коэффициента сопротивления качению шин C_r в парке на 33 %. Практически, это означает контролируемый переход от шин с C_r = 12 Н/кН (текущий средний уровень для легковых шин) на шины с C_r = 8 Н/кН (этот уровень промышленностью освоен, но не везде контролируется). Бренды шинной промышленности ("Мишлен", "Пирелли") имеют уровень C_r = 6,5 Н/кН, и нетрудно видеть, какие перспективы открывает его освоение в мировом масштабе. Кроме того, снижение коэффициента C_r на каждые 10 % обеспечивает уменьшение *минимум* на 20 % износа шины и, следовательно, такое же снижение выбросов токсической шинной пыли (рис. 2). Экономия 10 % мировых расходов моторного топлива равносильна выбыванию из парка такой же доли автомобилей с ДВС или их замене на автомобили, не расходующие топлива, т.е., например, на электромобили. Если бы такая экономия была достигнута сейчас при парке 1,45 млрд автомобилей, это был бы эффект появления 145 млн электромобилей, если бы на рубеже 2040 года при мировом парке в 1,85 млрд, эффект составил бы 185 млн электрокаров. А как было показано выше, такие парки электромобилей по-

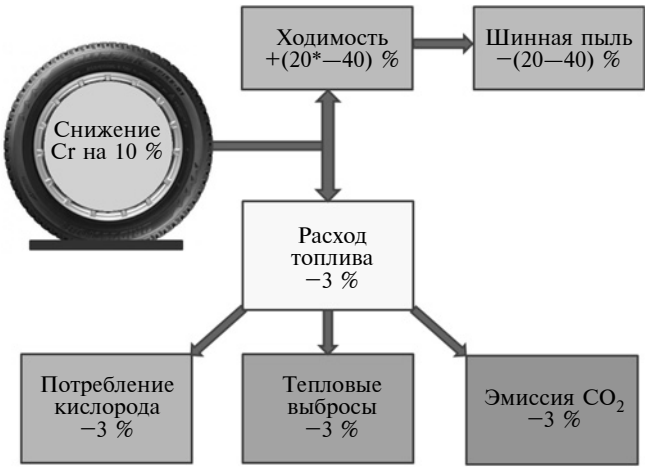


Рис. 2. Влияние снижения коэффициента сопротивления качению C_r автомобильных шин на их ходимость, расход топлива, потребление кислорода, выбросы теплоты, CO_2 и шинной пыли

явились бы только к 2040 году при темпе их мирового производства на пределе по критерию добычи редкозёмов (по 7 млн в год). Таким образом, ***шины автомобилей по потенциалу снижения тепловых и токсических выбросов автомобильного парка, выгорания атмосферного кислорода и расходов моторного топлива сопоставимы с потенциалом автомобильных двигателей и теоретическим потенциалом электромобилей*** [2, 6].

В настоящее время этому потенциалу наносится непрерывный ущерб. Переключение внимания на проблемы "электромобиль" и "беспилотник" привело к накоплению нерешённых вопросов в сфере качества импортируемых и производимых экологически значимых автокомпонентов, поступающих в эксплуатируемый шинный парк...

Для России постановка задачи снизить коэффициент сопротивления качению C_r в парке на 33 % и уменьшение расходов топлива на 10 % означала бы экономию 7,2 млн т автомобильного топлива в год. При оценке экономического эффекта, базируясь на текущих средних по регионам РФ оптовых ценах в 42 тыс. руб. за тонну топлива (одинаковые для бензинов и дизельных топлив), он составил бы 302 млрд руб. Уменьшение эмиссии основного парникового газа составило бы 22,7 млн т; снижение тепловых выбросов 10,4 млн кВт, выгорание кислорода сократилось бы на 16,6 млн т. Экологический эффект только от сокращения выброса основного парникового газа CO_2, рассчитанный по методике [7], составил бы 2,9 трлн руб. Оценка эффекта от сокращения выгорания кислорода даёт сопоставимый результат, однако в связи с отсутствием официально утверждённой методики здесь не приводится.

Таким образом, единственной реальной мерой сегодняшнего дня и не менее чем 40-летней перспективы борьбы за экологию является вооружение эксплуатируемого парка автомобилей высокоэкологичными автокомпонентами, главная роль среди которых принадлежит шинам. В международном плане понимание этого обстоятельства лежит, например, в основе директивы ЕС 1222.

Напомним в заключение, что массовому и устойчивому применению аккумуляторного электрического привода мировая практика отвела место — на внутрицеховом транспорте (в частности электропогрузчиках). Асинхронный электродвигатель вкупе с питающим его аккумулятором может служить средством повышения топливной экономичности и снижения токсичности гибридов, а также форсирования мощности спецавтомобилей с ДВС (пример — автомобиль класса F "Аурус"). На троллейбусах электроаккумулятор поможет прохождению тоннелей с опущенными штанговыми токоприёмниками. В Москве это упростит верхние контактные сети и подтвердит конкурентоспособность троллейбусов относительно электробусов.

А между тем по информации 2017 года *"немецкие специалисты фирмы "Бош" продолжают проталкивать свой продукт; ими разработано жидкое синтетическое топливо на основе водорода и углерода: вредные выхлопы — 0, цена в массовом производстве не выше 1,40 евро за литр, инфраструктура заправочной сети и конструкция моторов остаётся без изменений".* До аплодисментов завершению этой смелой разработки, конечно, далеко, но как целеуказатель для устремлений инженерной мысли разве не заслуживает её анонс полного одобрения?

Известно, что инвестиции в науку, в том числе прикладную, в России отстают от многих развитых стран. Тем злободневнее вопрос: вложения в **какие** области НИР в большей степени соответствуют интересам страны? Многолетние многомиллионные вложения в электромобили в РФ носят чисто **подражательный характер**, не опираясь на какие либо технико-экономические обоснования. Подражая, мы упустили из виду, что электрокар хорош в климате Калифорнии, а у нас он терпит поражение при отрицательных температурах. Беспилотник на электротяге — тот же электромобиль, только ещё более дорогой и проблематичный, а беспилотник с ДВС — экологии вообще не помощник. Но главное, чтобы Заказчику не забывали напоминать: в обоих исполнениях при дожде, снеге, в тумане и дыму беспилотник становится слепым [8, 9], т.е. как раз в случаях, для которых его предназначают как средство снижения аварийности или решения проблем Крайнего Севера. Финансирование же реально эффективных новых методов исследования и сертификации автомобильных шин и аэродинамики автомобилей вопреки технико-экономическим обоснованиям прекращено. Поэтому, например, 100-летие головного института автомобильной отрасли НАМИ отмечено остановкой соответствующих исследований и международного сотрудничества по тематике, являющейся одним из главных векторов исследовательских центров мирового автомобилестроения. Интерес соответствующих финансирующих органов к сложившемуся в этой сфере положению был бы вполне своевременным [2].

Литература

1. Березин А. "Оживший кошмар: как Tesla убивает мировой автопром" (FORBS/технологии Tesla / 17.10.2018).
2. Петрушов В. Электромобиль против автомобиля (реален ли запрет ДВС?) // Инвестиции в России, 2019. № 4.
3. Петрушов В.А. Автомобили и автопоезда. Новые технологии исследования сопротивлений качению и воздуха. М., Торус-пресс, 2008, 352 с.
4. Ганиев Р.Ф., Ипатов А.А., Романов А.Н., Петрушов В.А. Автомобиль и глобальное потепление. Автомобильный транспорт согревает планету интенсивнее промышленности // Проблемы машиностроения и надёжности машин // Российская академия наук. 2011. — № 4. — С. 3—14.
5. Petrushov V.A. Coast Down Method in Time and Distance Variables for Tire Rolling Resistance Determination // SAE Paper № 2009-01-0072.
6. Петрушов В.А. Конкретные возможности мероприятий платформы "Электромобиль" и программы "Зелёная шина" // Журнал автомобильных инженеров. — 2015. — № 6 (95). — С. 28—30, с продолжением в № 7 (96) и 8 (97).
7. Борщ В.В., Козлов А.В., Теренченко А.С. Методические указания по курсовому проекту на тему "Оценка эффективности применения наукоёмких технологий в производстве и эксплуатации автомобильных двигателей" (учебно-методические указания). М.: МАДИ. 2015.
8. Грушников В.А. Перспективы беспилотных колёсных транспортных средств // Журнал "Автомобильная промышленность. — 2018. — № 12. — С. 5—10.
9. Facenews: "Беспилотные авто не справляются с плохой погодой", "Bloomberg", 20.09.2018.

УДК 621.33-621.434

О ВЫБОРЕ КОНЦЕПЦИИ РАЗРАБОТКИ ПЕРСПЕКТИВНЫХ ПРИВОДНЫХ УСТАНОВОК НАЗЕМНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Кандидаты техн. наук **ФИРОНОВ А.М., ХОРТОВ В.П., ЗУЕВ С.М.**
ООО "АМФ Консалтинг", Московский политехнический университет (МАМИ)
(fironov@amfconsulting.ru, a.m.fironov@mospolytech.ru)

В рамках разработки концептуально новых перспективных силовых установок наземных транспортных средств, проводимой специалистами Московского политехнического университет в кооперации с компанией "АМФ Консалтинг", выполнен анализ ключевых аспектов, определяющих мировые тенденции в развитии инновационных технологий силовых энергетических установок на перспективу до 2050 года. Эти тенденции и факторы сопоставлены с возможностями и интересами отечественных разработчиков и автопроизводителей в поиске альтернативных инновационных решений при создании перспективных транспортных средств, конкурирующих на внутреннем и внешних рынках.

Ключевые слова: *концепции приводных установок, двигатели внутреннего сгорания, силовые установки, гибридные приводы, электрические приводы, накопители энергии.*

Fironov A.M., Khortov V.P., Zuev S.M.

ON THE CHOICE OF THE CONCEPT OF DEVELOPING PROMISING POWER DRIVES OF LAND VEHICLES

Moscow Polytechnic University in cooperation with the company "AMF Consulting" is developing a conceptually new perspective power drives for ground transport mashins. While choosing a concept, was conducted an analytical review of the key aspects that determine global trends in the development of innovative technologies for power drives for the future until 2050. These trends and factors are compared with the capabilities and interests of domestic R&D specialists and automakers in the search for alternative innovative solutions in the creation of promising vehicles competing in the domestic and foreign markets.

Keywords: *concepts of power drives, internal combustion engines, power drive, hybrid drives, electric drives, energy storage.*

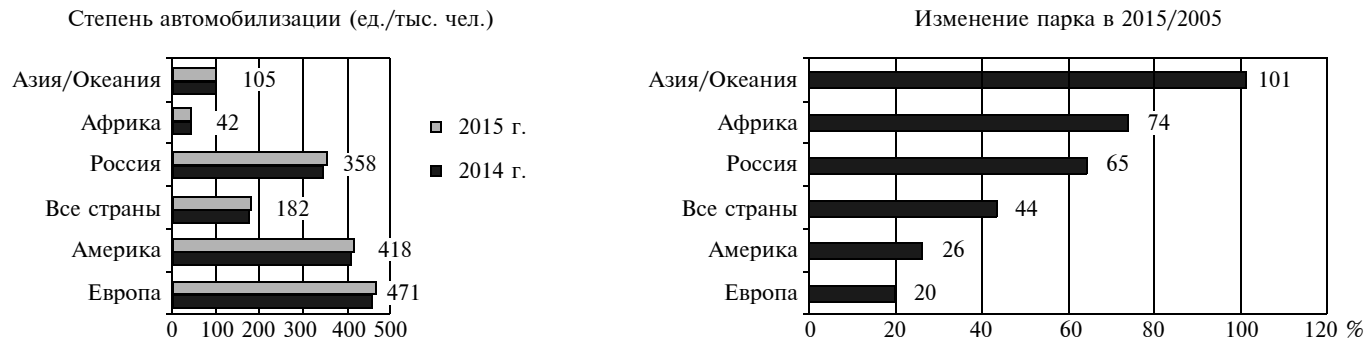
Достижение целей, поставленных Стратегией развития автомобильной промышленности Российской Федерации на период до 2025 г., во многом зависит от того, будут ли, наряду с развитием технологической базы отечественного машиностроения, появляться концептуально новые разработки транспортных систем и средств, имеющих конкурентные перспективы реализации на внутреннем и внешних рынках. Технические вузы страны, в которых сохранились профильные кафедры, имеются квалифицированные научные и инженерные кадры, могут и должны внести свой вклад в создание альтернативных концепций транспортных средств, узлов, агрегатов, устройств представляющих инновационную ценность.

В 1980-х годах две кафедры "Автомобили" и "Электрооборудование автомобилей" Московского автомеханического института (ныне — "Московский политех") вели параллельно разработки альтернативных традиционному приводу комбинированных силовых установок [1—4]. По объективным причинам эти работы вплоть до недавнего времени были остановлены, а исполнители со своими наработками стали участниками других проектов, в том числе и в составе зарубежных компаний [5]. Однако теперь, в условиях возникшего спроса на инновации в области отечественного транспортного машиностроения специалисты этих кафедр возобновили разработки альтернативных приводных систем, объединив свои усилия и задействовав ресурсы инжиниринговo-консультационной компании.

На первом этапе было проведено исследование основных факторов и обнаруженных тенденций, определяющих направленности и динамику развития мировой автомобильной отрасли, формирующих спрос и предложение на различных рынках, и оказывающие влияние на инновационные решения в создании силовых приводных установок и эксплуатационных качеств будущих автомобилей, и развитие соответствующей транспортной инфраструктуры. Рассмотренные глобальные и региональные факторы, тенденции и эффекты сопоставлялись с Российскими условиями, интересами и возможностями на выявление альтернативных решений в разработке приводных установок с акцентом на целесообразность, востребованность, конкурентную состоятельность, а также технологическую реализуемость новых АТС с перспективой до 2050 года. Ниже приводятся наиболее значимые аспекты данного исследования.

В обзоре прогнозов мирового масштаба по урбанизации специалисты сходятся во мнении, что около 70 % населения планеты будет жить к 2050 году в городах, где и будут концентрироваться основные транспортные потоки [6]. Для России процесс миграции сопровождается значительным географическим расслоением, смещением центров концентрации населения в южном, юго-западном направлениях при очень низкой средней плотности населения 8,57 чел./км^2. Этот фактор должен учитываться как отличительный признак для создания различных концепций приводных установок, в которых автономность и "подключенность" АТС к источникам питания потребует решений, кардинально отличающихся от западных, где электропривод обеспечен высокой степенью интегрируемости в энергетические национальные сети.

Глобальный парк автомобилей, находящихся в эксплуатации, достиг уровня в 1,4 миллиарда в 2018 г. и будет увеличиваться, поскольку тенденция на выбытие автомобилей отстаёт от тенденции на производство и ввод в эксплуатацию [7]. Степень автомобилизации по регионам мира различается в разы и меняется в сторону сближения показателей к верхним границам, характерными для Европы. Это 470...480 автомобилей/тыс. чел. (рис. 1).



Источник: OICA, AMF Consulting

Рис. 1. Тенденции развития автомобилизации регионов мира

Из-за специфики распределения плотности населения России и неравномерности экономической активности региональный разброс по степени автомобилизации особенно экстремален. При этом диспропорционально развивается российская транспортная инфраструктура. Ускоренный рост парка автотранспортных средств в 4—6 раз за последние 25 лет обусловил троекратное увеличение номинальной загрузки автомобильных дорог (рис. 2) [8]. Опережение роста автомобилизации над развитием дорожной сети ведёт к нарастанию сопутствующих проблемных эффектов: повышенная плотность транспортных потоков в городах, недостаток парковочных площадей, аварийность, загрязнённость на дорогах и тяжёлые экологические последствия. Тем не менее парк эксплуатируемых автомобилей продолжает расти, спрос не ослабевает, но сдерживается покупательской способностью населения. А значит, автомобили будущего должны стать более доступными, т.е. менее дорогими в производстве, и экологически более чистыми.

Снижение себестоимости напрямую зависит от увеличения объёмов выпуска автомобилей, поэтому производственные мощности мирового автопрома растут из года в год. Однако требования к повышению топливной экономичности и снижению вредных эмиссий вынуждают быстрее разрабатывать и осваивать новые технологии, напротив, удорожающие транспортные средства. Такие противоречия могут быть решены только при переходе на другой качественный технический и технологический уровень, чем и объясняется инновационный бум в автомобилестроении.

Производство автомобилей в мире имеет устойчивую тенденцию к росту. За последние 12 лет оно ежегодно увеличивалось на 2,5...3 %, а кризисные падения быстро восстанавливались за счёт отлаженного спроса (рис. 3). Доминируют в этой статистике легковые и лёгкие коммерческие автотранспортные средства [9]. Так, производство легковых автомобилей от общего объёма составляет 75 %. В России же на их долю приходится 87 %. При этом доля автомобилей иностранных производителей растёт, тогда как российские бренды теряют свои позиции на внутреннем рынке и практически не конкурируют на внешнем. Основная причина такого состояния дел состоит в нашем отставании в разработке и производстве конкурентных автомобилей и опережающем развёртывании производства иностранных компаний на территории России с морально устаревающими технологиями и низкой себестоимостью. Зарубежные фирмы легко конкурируют на внутреннем рынке и сдерживают развитие отечественного автопрома, который, таким образом, теряет способность инвестировать в собственные инновационные разработки.

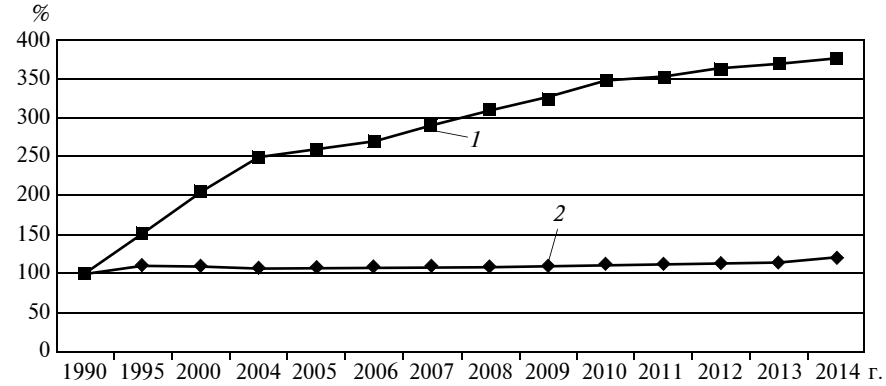


Рис. 2. Динамика изменения парка автомобилей (1) и протяжённости дорог (2) в России

Ужесточение требований национальных законопроектов наиболее автомобилизированных стран, направленных на сокращение вредных выбросов вплоть до "0" для новых автомобилей, с горизонтом исполнения до 2030 г., имеет своей целью вытеснение традиционных двигателей внутреннего сгорания из использования в транспортных в средствах и, прежде всего, в городских агломерациях, и уже изменило отношение автопроизводителей к развитию высокоэффективных и экологически чистых приводных установок [10]. Таким образом, национальные регуляторы являются драйверами процесса перехода на альтернативные "неуглеводородные" транспортные

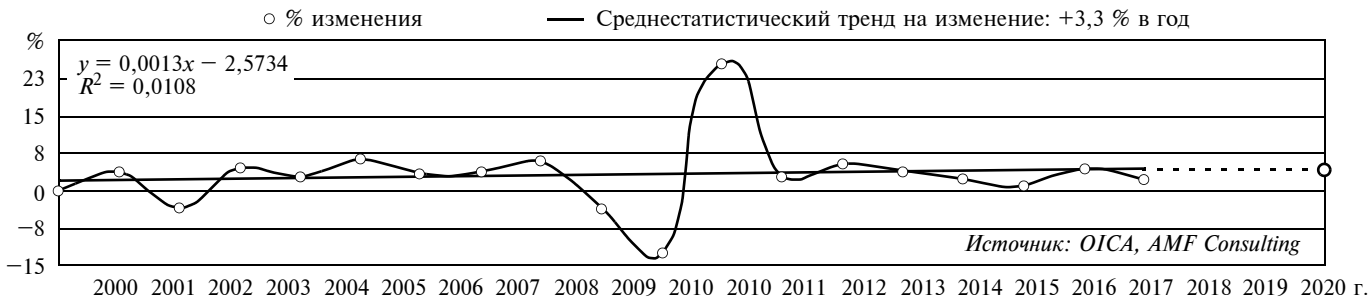


Рис. 3. Тренд на рост производства 1999—2017 гг. и прогноз до 2020 г.

средства. Для России экологическая защищённость — тоже актуальная тема. Однако в силу известных обстоятельств эксплуатируемый парк в основной своей массе пополняется пока автомобилями с традиционными силовыми установками, кроме того, неуклонно стареет [11]. Всё это в совокупности негативно сказывается на экологической обстановке, однако же радикального ужесточения законодательных мер пока не происходит.

Значение собственного автопроизводства для России трудно переоценить, но развиться оно сможет, если будет конкурентоспособным. Исторический опыт отечественного автопрома говорит, что России следует идти своим путём, а не двигаться в фарватере предложений внешних автопроизводителей, которые рассматривают Россию лишь как рынок сбыта. Перспектива перехватить конкурентную инициативу возможна либо при опережающем темпе роста технологий, что инвестиционно ёмко и требует значительного времени, либо при опережающем темпе создания и владения ноу-хау, которые определяют стратегическую перспективу на паритетное соучастие в разработках передовых технологий, в производстве, в реализации и в получении добавленной стоимости от высокотехнологичных товаров и услуг на глобальных рынках. По первому пути идут азиатские страны, по второму — европейские. Для России более реальным был бы второй сценарий, к которому имеются объективные предпосылки. Это прежде всего наработки ещё советского периода, ресурсы оборонного сектора, научно-технические кадры машиностроительных специальностей, которые отчасти рассеяны по миру, отчасти задействованы в других отраслях.

Технические вузы и НИИ в СССР в инновациях всегда опережали свое время, но лучшие разработки чаще реализовывались за рубежом, чем в отечестве. Сегодня, когда запрос на конкурентные наземные транспортные средства сформулирован распоряжением Правительства Российской Федерации за № 831-р, как приоритетный и стратегический, для развития своего конкурентного автомобилестроения необходимо призвать авторов прорывных изобретений и возродить кооперацию профильных подразделений образовательной и промышленной системы, ибо в первой из них формируется кадровый резерв посвящённых в инновации специалистов, при координации и непосредственном участии государства [12]. При этом важно отметить, что инновационная конкуренция начинается именно в силовых приводных установках, а не в каких-либо вспомогательных системах.

Единого мнения относительно концепции наиболее перспективной приводной установки не существует. Однако можно проследить тенденции в хронологии появляющихся технических решений и технологий транспортных средств будущего, которые обнаруживают различную степень зрелости, как теоретической, так и практической проработки.

Источники энергии и накопители

По одному из ключевых вопросов, наличия альтернативы углеводородным источникам энергии с сохранением автономности транспортных средств, наиболее часто рассматриваются электрические источники и накопители энергии. Электрические накопители переживают бум своего развития (рис. 4). Электрохимические аккумуляторные батареи активно развиваются в последние годы и имеют перспективы составить достойную конкуренцию топливному баку уже в ближайшем будущем. За 30 прошедших лет плотность накопления энергии такими батареями (Вт · ч/л) выросла более чем в 100 раз (!) и имеет тенденцию к дальнейшему устойчивому росту [13—16]. Определяющие параметры — высокие удельная мощность (Вт/л, Вт/кг) и удельная энергоёмкость (Вт · ч/л, Вт · ч/кг).

Пиковые значения первого параметра важны для транспорта большой грузоподъёмности (*HV*), второго — для малой и средней (*EV, PHEV*). Конденсаторные и твёрдотельные батареи с плотностью заряда 1000 Вт · ч/л уже сейчас обеспечивают высокую скорость зарядки (до 30 минут) [17, 18]. Особенностью полностью твердотельных батарей является компактность — разделительные ячейки не используются, высокая температурная устойчивость — позволяет экономить на дополнительных системах (охлаждение и пр.), возможно использование с высоким напряжением, что сказывается на удельных показателях мощности и увеличивает энергоёмкость.

Таким образом, выбор альтернативного источника энергии и способа её накопления приходится делать, в первую очередь, концентрируясь на электрических технологиях.

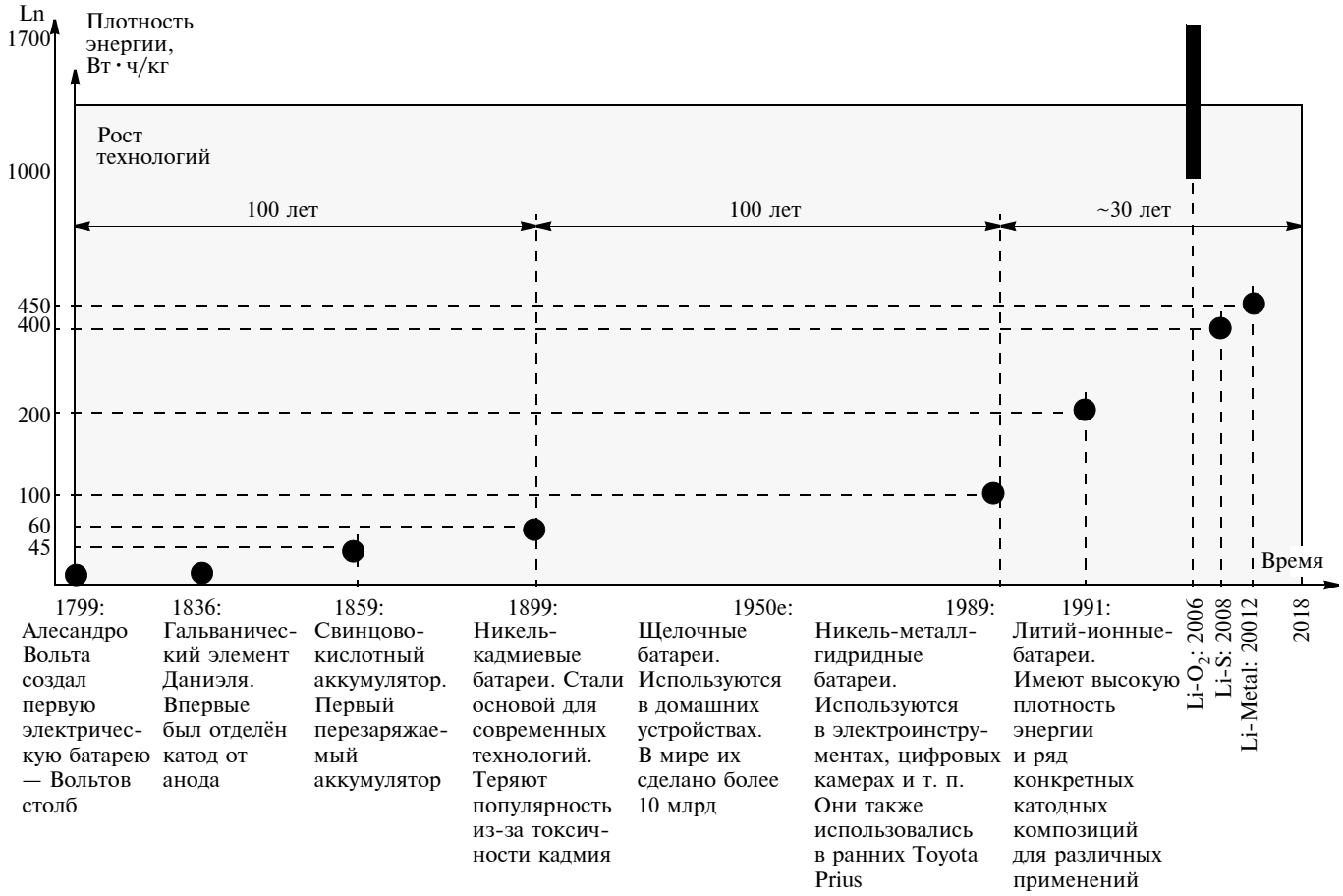


Рис. 4. Этапы совершенствования технологий аккумуляторных батарей

Приводные системы

Ввиду большого разнообразия определений типов автомобильных приводных установок возникает необходимость системно представить тождественные, установленные отраслевые определения по основным признакам [19]. Первый тип — традиционный автомобиль с ДВС (*ICE — internal combustion engine*) с бортовой сетью напряжением 12 В. Второй — относительно недорогие и простые гибридные электрические автомобили (*HEV — hybrid electric vehicle*), которые в свою очередь, можно подразделить на четыре категории (таблица): микрогибриды (*micro hybrids*) с ДВС (*ICE*) и системами "стоп/старт", бортовой электрической сетью 12 В, а также 48 В; лёгкие гибриды (*mild hybrids*) — это, как правило, двигатели внутреннего сгорания, оснащённые электрической машиной (мотор/генератор в параллельной гибридной схеме подключения, позволяющий отключать двигатель в режиме "стоп/старт", рекуперативное торможение, подключение к ДВС (не допускают только электрического привода); полные гибриды: (*full hybrids*) — в дополнение к предыдущему, позволяют двигаться только на электрической тяге; подключаемые гибридные электрические автомобили (*PHEV — plug-in-hybrid vehicle*), которые в дополнение к функционалу *full hybrid*, позволяют заряжать электрический накопитель от внешних источников энергии. Третий тип — электрические автомобили на водородных топливных элементах (*FCEV — hydrogen fuel cell electric vehicle*). Четвёртый — электромобили с питанием от бата-

Тип	Система "старт/стоп"	Рекуперативное торможение и дополнительный электропривод	Привод только от электродвигателя	Зарядка от внешнего источника
Микрогибрид (*micro hybrid*)	+	—	—	—
Лёгкий гибрид (*mild hybrid*)	+	+	—	—
Полный гибрид (*full hybrid*)	+	+	+	-
Подключаемый гибрид (*plug-in-hybrid*)	+	+	+	+

реи (*BEV — battery electric vehicle*). Пятый — транспортные средства с другими альтернативными приводами (механическими, гидромеханическими, пневмомеханическими и пр.).

В настоящее время наблюдается ускоренный темп развития *BEV* и *PHEV*, несмотря на сдерживающее влияние стоимости, ограниченный запас хода на электроэнергии, ограниченность развития инфраструктуры зарядки и генерации электроэнергии от возобновляемых и низкоуглеродных источников. Прогноз на европейский "совокупный среднегодовой темп роста (*CAGR*)" производства легковых автомобилей, даёт представление о развитии всей производственной и эксплуатационной транспортной инфраструктуры Европы, о перераспределении приоритетов в производстве по типам используемых силовых установок (рис. 5) [17].

Анализируя всю историю развития автомобилей, текущий уровень разработок и прогнозы перехода на альтернативные виды транспортных средств, можно обозначить эволюционные этапы развития типов приводов, объёмов производства и сложности технологий во времени. S-образные процессы имеют ярко выраженные признаки этапов ускорения-замедления и качественных переходов на доминирующие, и дополняющие альтернативные типы приводных установок (рис. 6, *а*).

За качественными переходами стоят количественные параметры факторов целесообразности, востребованности, целесообразности и реализуемости тех или иных технологий, выраженные в цифрах производимых транспортных средств. Причём каждый цикл S-образного процесса сокращается по времени. Сегодня, чтобы быть устойчиво конкурентным в области транспортного машиностроения в будущем, необходимо вкладываться в инновационные прорывные разработки с горизонтом стратегического планирования не 5—10 лет, а 25—30, в силу большей инерционности развертывания обеспечительной эксплуатационной транспортной инфраструктуры ("умные города", "умные дороги" и пр.) Важно при этом сохранить уникальность "ноу-хау", так как здесь формируются новые компетенции, стандарты, технологии и коммерческая состоятельность инновационных инвестиций.

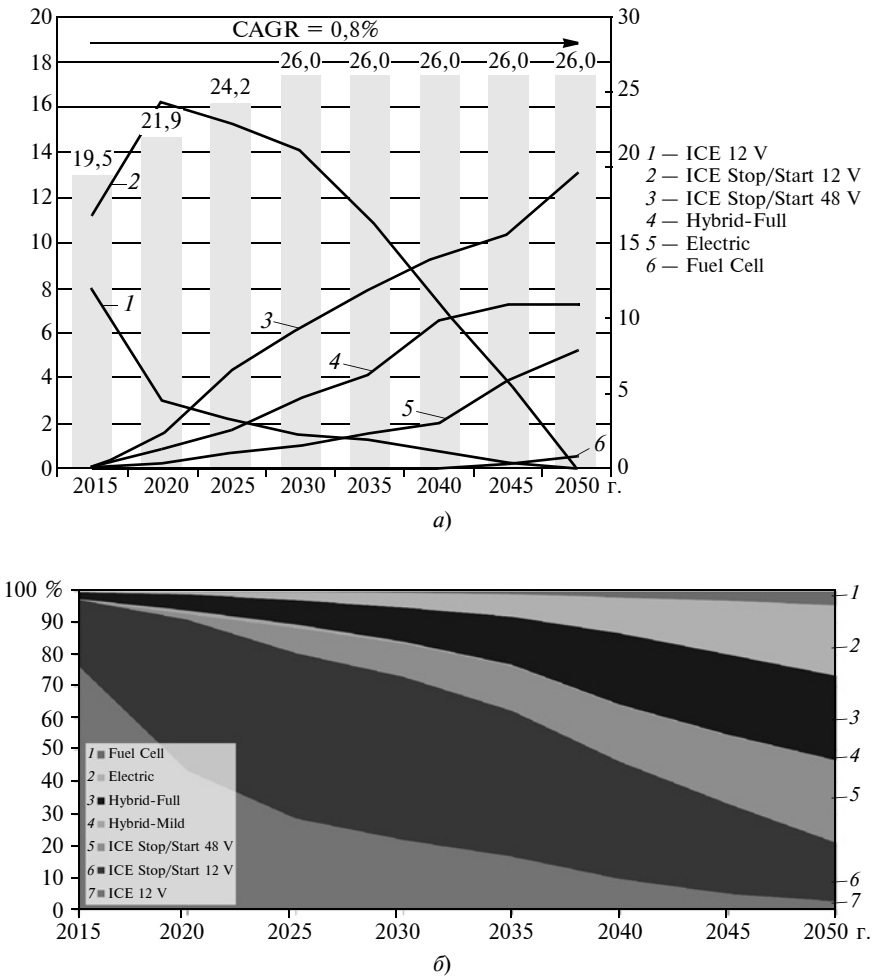


Рис. 5. Прогноз производства легковых автомобилей в Европе в 2015—2050 гг.:
а — в млн ед., *б* — доля от общего числа

По мнению авторов статьи, следующий этап инновационного S-образного цикла (рис. 6, *б*) будет сопровождаться доминированием электроприводных силовых установок. Однако масштаб этого доминирования (гомогенность) использования электропривода, как это было с ДВС, станет более невозможным, поскольку на современном этапе существуют, в различных своих фазах развития, как минимум три доминирующих типа приводов.

Коллективы кафедр "Электрооборудование и промышленная электроника" и "Наземные транспортные средства" Московского политехнического университета в кооперации с компанией "АМФ Консалтинг" используют полученные сведения для разработки своих концептуальных перспективных силовых установок и видят возможность создания конкурентных преимуществ в них, путём комбинации различных электрических систем, в которых каждая из систем используется фрагментарно, совокупно или раздельно, в области своих лучших характеристик в условиях, которые специфичны для нашей страны, но будут востребованы и на внешних рынках.

Намечаются несколько перспективных направлений развития АТС с упреждающей возможностью развития применительно к российскому автомобилестроению. Прежде всего, все перечисленные выше перспективные для рынка России направления развития отрасли непременно охвачены электромехани-

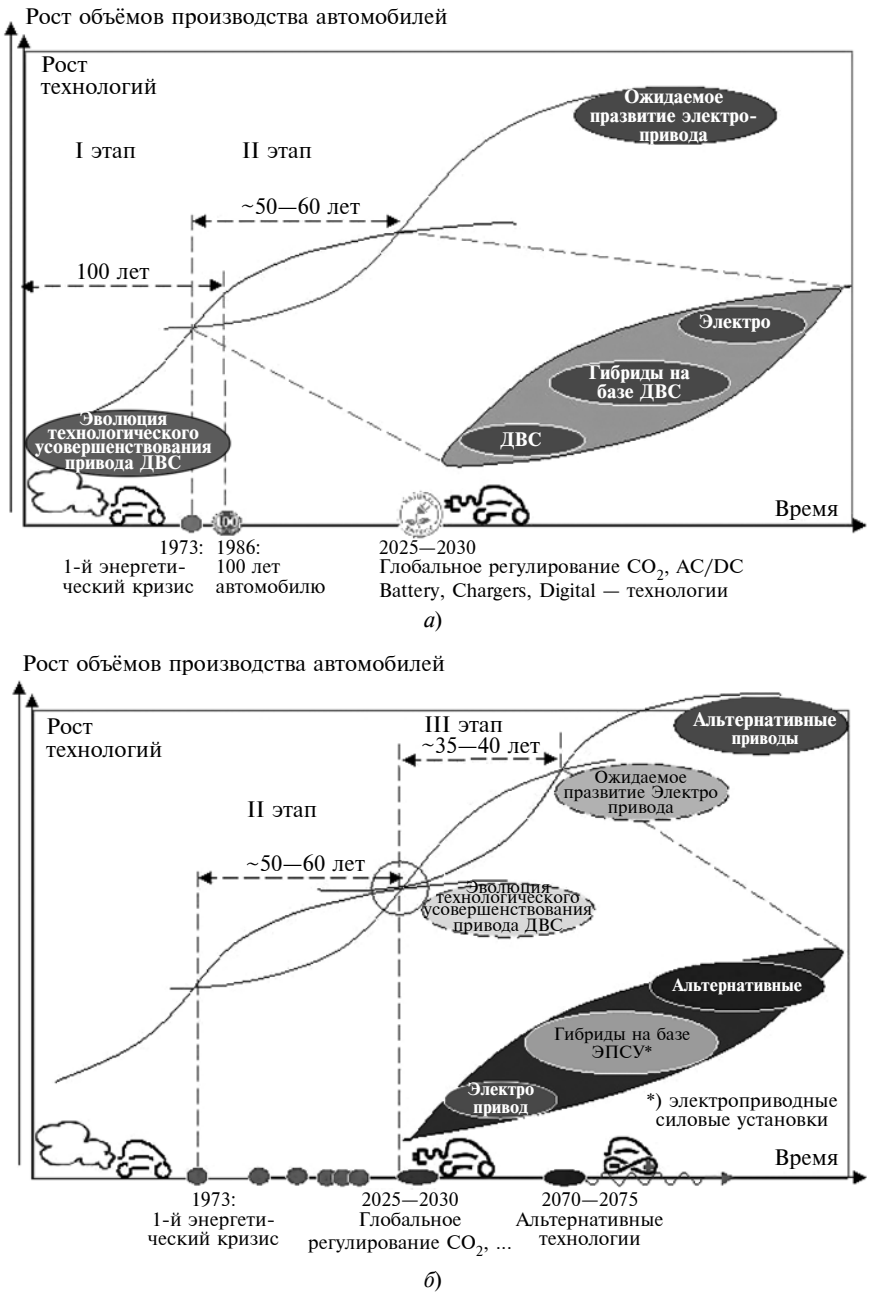


Рис. 6. Совершенствование технологий приводов АТС:
а — этапы I—II; *б* — этапы II—III

ческими трансмиссиями, в которые входят электродвигатель, источник электрической энергии в виде химических или топливных элементов, тепловых двигателей и генераторов. Применение электрической трансмиссии уже возможно осуществлять на транспортных средствах в связи с тем, что последние достижения в этой области позволяют это осуществить.

Так, в области электродвигателей произошли изменения благодаря силовой электронике и повсеместному применению вместо двигателя постоянного тока синхронных, асинхронных, вентильных и двигателей с редкоземельными магнитами, удельные показатели которых доведены до предельных значений. Например, фирма "Зитек" сконструировала электродвигатель мощностью 90 кВт при 16 000 мин$^{-1}$ и массе всего 21 кг [17]. Аккумуляторные батареи различных типов также улучшили свои показатели за последние 15—20 лет и достигли 250—300 Вт · ч/кг, что позволяет им проходить до 400 км без подзарядки. В то же время тепловые двигатели (карбюраторные и дизели), применяемые в составе комбинированной энергоустановки с электрогенератором при совместных удельных показателях, достигли удельных значений от 3 до 10 кВт/кг. Электрохимические генераторы, напрямую "превращающие" водород в электрический ток, достигли также рекордных показателей — от 6 до 10 кВт/кг. В довершение ко всему в последние годы разработаны сверхъёмкие суперконденсаторы [20—25], позволяющие осуществлять рекуперацию энергии при торможении и осуществлять наиболее энергоёмкую операцию при движении транспортного средства, такую как разгон.

Все вышесказанное позволяет с наибольшей эффективностью использовать электрическую трансмиссию в новейших разработках и направлениях независимо от мощности транспортного средства.

Известно, что силовая передача с механической трансмиссией отличается громоздкостью конструкции и сложностью компоновки отдельных её узлов и, например, при одном ведущем мосте требуется применение карданного вала, редуктора и дифференциала, а при двух мостах ещё и раздаточной коробки. Таким образом, намечающееся расширение применения электропривода на безрельсовых транспортных машинах обуславливается целым рядом достоинств, к важнейшим из которых относятся: возможность рационального дробления мощности первичного двигателя и отсутствие механической связи между ним и тяговым двигателем, что позволяет создать автомобили с прогрессивными конструктивными решениями и высокими технико-экономическими показателями; улучшение использования мощности и повышение долговечности тепловых двигателей; надёжность и экономичность в эксплуатации; гибкость управления транспортным средством и лёгкость его автоматизации; передача электрической энергии к тяговым двигателям производится значительно проще, чем механическая передача, поэтому появляется возможность

создания многозвенных транспортных машин с индивидуальным приводом на все колёса и применение мотор-колёс; электрический привод обеспечивает более широкое и плавное регулирование тягово-скоростных характеристик автомобиля; надёжность электропривода повышается из-за отсутствия ряда узлов и агрегатов, характерных для механических трансмиссий (механизм сцепления, карданные валы, коробки скоростей и т.д.); более низкая себестоимость перевозки на автомобилях с электрической трансмиссией по сравнению с механической на 20—30 % [20]; уменьшение расходов на ремонт транспортных средств по сравнению механической трансмиссией в 6—7 раз [20]; управление транспортным средством с электротрансмиссией отличается простотой и гибкостью, что значительно облегчает труд водителя; применение электрического торможения совместно с рекуперацией энергии обеспечивает не только экономию энергии, но и повышение её безопасности.

К числу недостатков электропривода относятся: необходимость двойного преобразования энергии и снижение КПД системы; относительно большой вес электрических машин, отнесённый к единице передаваемой мощности; расход меди. Однако КПД современных электрических машин составляет 0,9...0,92, и сам факт двойного преобразования энергии ещё не делает электропривод заведомо менее эффективным, чем механический. Относительно большой вес электрических машин также не является препятствием, так как можно эффективно снижать вес машины за счёт повышения частоты вращения и применения высококачественных технологий и электротехнических материалов. Необходимость использовать медь для электрических машин можно также оптимизировать, применяя асинхронные машины переменного тока с короткозамкнутой обмоткой ротора, изготовленной из алюминия. Отсутствие коллектора в таком двигателе также снижает расход меди.

Всё вышеперечисленное о составных частях электрической трансмиссии было бы невозможно использовать, не будь тех высоких достижений в таких областях, как энергомашиностроение, источники тока, конденсаторостроение, тяговые двигатели, силовая электроника, микроэлектроника и компьютерных систем накопления, накопителей энергии. Всё это позволяет создать в будущем перспективные транспортные средства, вплоть до беспилотных автомобилей, чего совершенно невозможно сделать при механической трансмиссии и устаревших подходах к решению транспортных проблем.

Имеющиеся наработки позволили выделить три основных направления проектной деятельности, определяющие концепцию разработки перспективных приводных установок наземных транспортных средств: использование гибридных по природе и комбинированных по рабочим областям использования систем накопления электрической энергии транспортных средств по их условиям эксплуатации; применение гибридных приводных систем с минимизацией комбинирований других по природе способов передачи энергии кроме электрических; внедрение гибридных систем управления комбинированных силовых установок в транспортных средствах, где бортовые системы управления будут взаимодействовать с внешними системами.

Литература

1. О целесообразности применения систем рекуперации энергии. Замыслы и реалии // Автомобильная промышленность. Селифонов В.В., Фиронов А.М. — 1989. — № 8. — С. 13—14.
2. Повышение топливной экономичности городского автобуса путём применения рекуператора энергии торможения. Диссертация на соискание учёной степени кандидата технических наук. Москва. Фиронов А.М. — 1989. 130 с.
3. Авторское свидетельство СССР № 1535751, кл. В 60 К 9/04, 23.12.1988. Селифонов В.В., Фиронов А.М.
4. Авторское свидетельство СССР № 1676842, кл. В 60 К 9/04, 06.10.1989. Селифонов В.В., Фиронов А.М.
5. Umweltfreundliche Antriebstechnik für Fahrzeug. Sonderforschungsbereich 365. Technische Universitdt Mьnchen. Juli 1993—Juni 1996.
6. United Nations Department of Economic and Social Affairs/Population Division World Urbanization Prospects: The 2014 Revision
7. http://www.oica.net/category/vehicles-in-use/
8. "Транспорт Российской Федерации". № 6 (61). 2015.
9. Статистка производства. oica.net.
10. Neue CO2-Ziele für Autos. http://www.europarl.europa.eu/news/de/headlines/society/20180920STO14027/neue-co2-ziele-fur-autos.
11. https://www.acea.be/statistics/tag/category/average-vehicle-age
12. О внутривузовской проектной деятельности в современных российских условиях. С.М. Зуев, А.А. Лавриков, Т.М. Зуева. Colloquium-journal. — 2018. — № 9-4 (20). — С. 19—26.
13. Автомобили будущего: что нас ждёт в ближайшие 15 лет. https://mhealth.ru/technics/garage/avtomobili-budushchego-chto-nas-zhdet-v-blizhajshie-15-let/
14. Характеристики электромобилей и тенденции развития электропривода. Журнал автомобильных инженеров. — 2014. — № 3 (86).
15. На китайском авторынке в скором времени появится самый компактный и дешёвый электрокар в мире. https://vm.ru/news/405776.html
16. Дидианидзе О.Н., Иванов С.А. Использование суперконденсаторов в комбинированных энергоустановках тягово-транспортных средств. — М.: УМЦ "Триада", 2004.
17. Light Vehicle Prognose 2050 für Europa, Apr 2016. SuP.
18. Анализ тенденций развития электрического привода легковых автомобилей. Кутенев В.Ф., Сонкин В.И. — Труды НАМИ. — 2018. —№ 2 (273).
19. https://x-engineer.org/automotive-engineering/vehicle/hybrid/mild-hybrid-electric-vehicle-mhev-introduction/
20. Электрооборудование и электроника автомобилей в основных терминах с их объяснением на русском и английском языках. Учебный справочник. С.М. Зуев, Ю.М. Шматков, Р.А. Малеев, В.П. Хортов, А.А. Лавриков, Д.О. Варламов. Москва: Московский Политех, 2017. — 196 с.
21. Высоковольтные системы пуска двигателей внутреннего сгорания. В.П. Хортов, А.А. Скворцов, С.М. Зуев. // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 10. — С. 24—27.
22. High-voltage starting systems of combustion engines. A.A. Skvortsov, V.P. Khortov, S.M. Zuev. International Journal of Pure and Applied Mathematics, Volume 111. No 3. 2016. P. 455—465. Index Scopus.
23. Суперконденсаторные системы пуска ДВС. В.П. Хортов, А.А. Скворцов, С.М. Зуев, В.В. Ворожейкин // Автомобильная промышленность. — 2016. — № 12. С. 12—16.
24. Конструкция, описание работы и проведение диагностики системы электростартерного пуска современных транспортных средств. Учебное пособие. А.В. Акимов, Д.О. Варламов, С.М. Зуев. Москва: Московский Политех, 2017. — 52 с.
25. Исследование работы системы электростартерного пуска транспортных средств. Методические указания. Ю.М. Шматков, С.М. Зуев, А.А. Лавриков. М.: Московский Политех, 2017. — 20 с.

УДК 629.1

ВЛИЯНИЕ ОТРЫВА КОЛЁС И ПРОБОЯ ПОДВЕСКИ НА ПЛАВНОСТЬ ХОДА АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук **ГЛАДОВ Г.И.**,
канд. техн. наук **ЕВСЕЕВ К.Б.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана (kb_evseev@bmstu.ru)

Рассматриваются вопросы, касающиеся плавности хода автомобилей. Приведены расчётные зависимости и схема балансирной подвески задних колёс трёхосного автомобиля.

Ключевые слова: *автомобиль, подвеска колёс, плавность хода, отрыв колёс, пробой подвески.*

Gladov G.I., Evseev K.B.

INFLUENCE OF A SEPARATION AND BREAKDOWN OF A VEHICLE SUSPENSION ON VEHICLE RIDE COMFORT

The article deals with issues related to the vehicle ride comfort. The calculated dependences and the scheme of the balance suspension of the rear wheels of a three-axle car are given.

Keywords: *vehicle, suspension, ride comfort, wheel separation, suspension breakdown.*

В выполненных ранее работах при расчёте вынужденных колебаний отрыв колёс и пробой подвески учитывались, однако физическая сущность процесса колебаний неподрессоренных масс не была отображена в полной мере. Например, в режиме резонанса для низкой частоты (порядка 1 Гц) при пробое подвески расчётные вертикальные ускорения подрессоренных масс получались значительно выше, чем вертикальные ускорения неподрессоренных масс. Этого в действительности не должно быть, так как в момент пробоя подвески неподрессоренная масса подключается к подрессоренной и некоторое время колеблется вместе с ней, т.е. их ускорения должны быть равны. Налицо жёсткая кинематическая связь в момент пробоя, если не учитывать деформации кинематических звеньев подвески и деформацию несущей системы.

В предыдущих работках была сделана попытка учесть пробои подвески и соответствующее изменение её характеристики при помощи аппроксимирующей формулы 1 (таблица). Отсутствие данных по жёсткостным характеристикам кинематических звеньев подвески и несущих систем обусловило в определённой мере произвольный выбор значений коэффициента жёсткости. Кроме того, не учитывалась кинематическая связь между колебаниями подрессоренных и неподрессоренных масс в момент пробоя. В итоге всё это приводило к существенным ошибкам в расчётах при определении ускорений неподрессореных масс. Таким образом, несмотря на желательность учёта податливости кинематических звеньев подвески и несущей системы при пробое подвески от него приходится пока отказаться в связи с отсутствием достоверных экспериментальных данных.

Что касается корректности математического описания процесса отрыва колёс, то здесь задача решена в принципе правильно. Необходимо только разделить условия отрыва колёс вследствие их зависания и полного отрыва колёс, связанного с выбором статического хода подвески. В первом случае необходим только учёт отрыва колеса, которое продолжает самостоятельно колебаться под действием реакции подвески P_{ki} и веса колеса G_k. Во втором случае необходимо учесть не только отрыв колеса ($\delta_i = 0$), но и полный выбор статического хода ($f_i = 0$). При этом происходит подключение колеса к подрессоренной массе через нижние упоры и его колебания при полном отрыве происходят заодно с колебаниями подрессоренной массы.

С учётом вышеуказанных уточнений порядок расчёта параметров вынужденных колебаний транспортных машин будет следующий.

1. Определение ординат микропрофиля неровности под i-м колесом и скорости вертикального перемещения i-го колеса на неровности по формуле 2. Дифференцируя по времени эту формулу, определяем вертикальную скорость перемещения колеса на неровности (формула 3). С учётом постепенного въезда машины на неровности вводятся условия: если $qt - \alpha_i - \beta_i \le 0$, то $y_i = 0$ и $\dot{y}_i = 0$.

2. Определение деформации и скорости деформации шины i-го колеса по формулам 4 и 5. Величина деформации шины проверяется на отрыв колеса если $\delta_i \le 0$, то $\delta_i = 0$ и $\dot{\delta}_i = 0$

3. Определение реакции дороги Q_i по формуле 6 с учётом линейной характеристики шин.

4. Определение скорости перемещения колеса $\dot{\xi}_i$ и перемещения колеса ξ_i двукратным интегрированием дифференциального уравнения колебаний колеса (формула 7).

5. Определение деформации рессоры f_i и скорости деформации рессоры $\dot{f}_i$ по формулам 8 и 9. Здесь параметры z; φ; θ; $\dot{z}$; $\dot{\varphi}$ и $\dot{\theta}$ берутся из предыдущего шага счёта.

6. Проверка величины деформации i-й рессоры, которая может выйти за пределы рабочих ходов подвески и определение реакций подвески P_k. В зависимости от величины и знака деформации рессоры f_i определение сил, действующих в подвеске, должно производиться различными способами, учитывающими реальные параметры процесса колебаний подрессоренных и неподрессоренных масс.

В случае когда деформация рессоры в пределах рабочих ходов подвески ($0 < f_i < f_п$) для подвески с линейными характеристиками упругих элементов и амортизаторов суммарная сила подвески определяется по формуле 10.

При полном выборе статического хода подвески колесо замыкается на нижний ограничитель хода и его дальнейшее перемещение происходит вместе с подрессоренной частью. Поэтому, если деформация рессоры отрицательная ($f_i < 0$), то $f_i = 0$ и $\dot{f}_i = 0$. На подрессоренную часть от подвески действуют только вес колеса и его сила инерции (формула 11). Перемещению колеса ξ_i и скорости его перемещения $\dot{\xi}_i$ присваивается значение соответственно формулам 12 и 13.

При полном выборе динамического хода подвески колесо замыкается на верхний ограничитель хода и его дальнейшее перемещение происходит вместе с подрессоренной частью за счёт деформации только шины.

Поэтому, если деформация рессоры выходит за пределы полного хода подвески ($f_i > f_п$), то $f_i = f_п$, так как дальнейшая деформация упругого элемента невозможна. Реакция подвески P_{ki} будет определяться силами, действующими в шине (реакцией в дороге), весом колеса и его силой инерции. Учитывая жёсткую связь колеса с подрессоренной частью, определим перемещения колеса $\dot{\xi}_i$, и скорость его перемещения $\dot{\xi}_i$ по формулам 14 и 15. Значения z, $\dot{z}$, φ, $\dot{\varphi}$, θ и $\dot{\theta}$ берутся из предыдущего шага счёта.

Далее по параметрам колебаний колеса находим соответствующую деформацию шины и скорость дефор-

№	Формула	Примечания
1	$P_{ki} = P_{k\max} + k(f_i - f_n)$	P_{ki} — значение упругой силы при пробое подвески; $P_{k\max}$ — максимальное значение упругой силы на грани пробоя подвески; k — опытный коэффициент жёсткости для пробоя подвески; f_i — прогиб упругого элемента (при пробое $f_i > f_n$); f_n — прогиб упругого элемента на грани пробоя подвески
2	$y_i = \frac{h}{2}\sin(qt - \alpha_i - \beta_i)$	y_i — текущая ордината неровности; h — высота неровности; $q = \frac{2\pi v}{a}$ — частота возмущения; t — время; α_i — фазовый сдвиг i-го колеса относительно начала отсчёта вдоль борта машины; β_i — фазовый сдвиг между неровностями правой и левой колеи
3	$\dot{y}_i = \frac{h}{2} q\cos(qt - \alpha_i - \beta_i)$	—
4	$\delta_i = \delta_{стi} + y_i - \xi_i$	δ_i — деформация шины; $\delta_{стi}$ — статическая деформация шины; $\dot{\delta}_i$ — скорость деформации шины; ξ_i — перемещение колеса; $\dot{\xi}_i$ — скорость перемещения колеса; ξ_i и $\dot{\xi}_i$ — берутся из предыдущего шага счёта
5	$\dot{\delta}_i = \dot{y}_i - \dot{\xi}_i$	
6	$Q_i = Q_{1i} + Q_{2i} = c_ш\delta_i + r_ш\dot{\delta}_i$	Q_{1i} — упругая сила шины; Q_{2i} — неупругое сопротивление шины; $c_ш$ — жёсткость шины; $r_ш$ — коэффициент неупругого сопротивления в шине
7	$\ddot{\xi}_i = \frac{Q_i - G_k - P_{ki}}{m_к}$	$\ddot{\xi}_i$ — ускорение колеса; G_k — вес колеса; P_{ki} — реакция подвески i-го колеса, вычисленная на предыдущем шаге счёта; $m_к$ — масса колеса
8	$f_i = f_{стi} - \left(z + \varphi l_i + \theta\frac{B}{2}\right) + \xi_i$	f_i — деформация i-й рессоры; $\dot{f}_i$ — скорость деформации рессоры; $f_{стi}$ — статическая деформация рессоры; z — вертикальные перемещения центра масс подрессоренной части; φ — продольно-угловое перемещение подрессоренной части; l_i — абсцисса i-го колеса; θ — поперечно-угловое перемещение подрессоренной части; B — колея машины; $\dot{z}$ — вертикальная скорость подрессоренной части; $\dot{\varphi}$ — угловая скорость продольно-угловых колебаний подрессоренной части; $\dot{\theta}$ — угловая скорость поперечно-угловых колебаний подрессоренной части; z, φ, θ, $\dot{z}$, $\dot{\varphi}$ и $\dot{\theta}$ — из предыдущего шага счёта
9	$\dot{f}_i = \dot{\xi}_i - \left(\dot{z} + \dot{\varphi} l_i + \dot{\theta}\frac{B}{2}\right)$	
10	$P_{ki} = P_{1i} + P_{2i} + P_{3i}$	$P_{1i} = c_{ki}f_i$ — упругая сила подвески; c_{ki} — жёсткость подвески; $P_{2i} = r_i\dot{f}_i$ — сила сопротивления амортизаторов; r_i — коэффициент сопротивления амортизаторов; $P_{3i} = \mathrm{sign}\dot{f}_i\, 0{,}1P_{1i}$ — сила сухого трения в подвеске
11	$P_{ki} = -G_k + m_k\ddot{z}_i$	$\ddot{z}_i$ — суммарное ускорение подрессоренной части над i-м колесом (из предыдущего шага счёта)
12	$\xi_i = z + \varphi l_i + \theta\frac{B}{2} - f_{стi}$	—
13	$\dot{\xi}_i = \dot{z} + \dot{\varphi} l_i + \dot{\theta}\frac{B}{2} - f_{стi}$	—
14	$\xi_i = f_{gi} + z + \varphi l_i + \theta\frac{B}{2}$	f_{gi} — динамический ход колеса
15	$\dot{\xi}_i = \dot{z} + \dot{\varphi} l_i + \dot{\theta}\frac{B}{2}$	—
16	$\delta_i = \delta_{стi} + y_i - \xi_i$; $\dot{\delta}_i = \dot{y}_i - \dot{\xi}_i$	—
17	$P_{T2,3} = \mathrm{sign}\dot{f}_{2,3}\, kP_{y2,3}$	$\dot{f}_{2,3} = \frac{\dot{f}_2 + \dot{f}_3}{2}$ — скорость деформации рессоры; k — коэффициент пропорциональности
18	$\ddot{\xi}_i = \frac{-P_{Ki} - G_K}{m_K}$	$P_{Ki} = \frac{P_{K23}}{2}$ — реакция подвески одного колеса
19	$\ddot{\xi}_i = \ddot{z}_i = \ddot{z} + \ddot{\varphi} l_i + \ddot{\theta}\frac{B}{2}$	—
20	$P_{ki} = Q_i - G_k + m\ddot{z}_i$	—

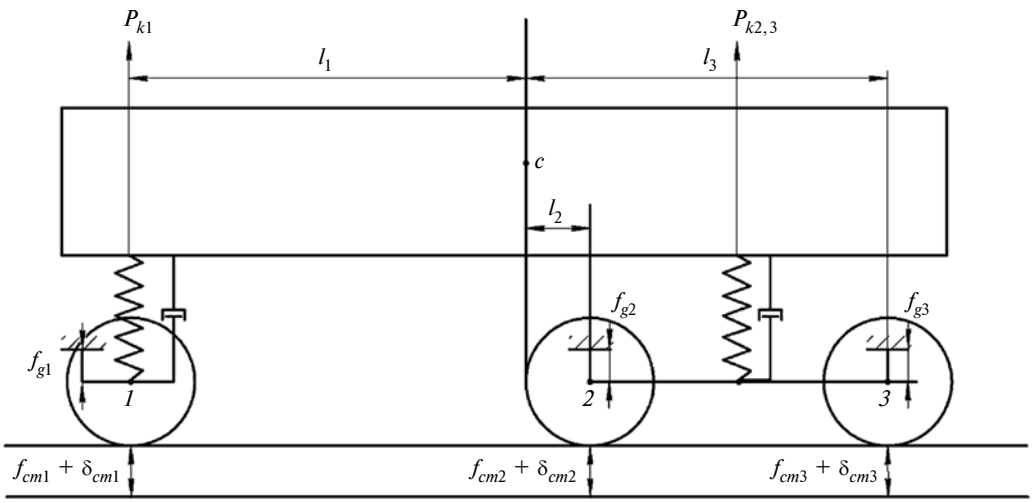


Схема трёхосного автомобиля с балансирной подвеской задних колёс:

l_1, l_2, l_3 — координаты осей относительно центра масс; c — центр масс подрессоренной части; P_{k1}, $P_{k2,\,3}$ — реакции подвески; $f_{\text{ст}i}$ — статические прогибы рессор; $\delta_{\text{ст}i}$ — статические прогибы шин; f_{gi} — динамические прогибы рессор

мации по формулам 16. Затем определяем реакцию дороги Q_i в соответствии с формулой 6. Представленные зависимости получены для автомобиля с независимой подвеской колёс.

Рассмотрим колебания автомобиля при реальной расстановке колёс задней подвески и наличии балансирной связи между ними. Расчётная схема такой подвески в статическом положении представлена на рисунке.

Для передней независимой подвески справедливы все закономерности, изложенные выше. Для задней же балансирной подвески необходимо учитывать балансирную связь при формировании возмущения. Поэтому проанализируем кинематику и динамику балансирной подвески: относительное перемещение колёс в пределах упругой деформации рессоры; отрыв колёс; пробой подвески.

При относительных перемещениях колёс f_i (формула 8) в пределах упругой деформации рессоры за счёт балансира возможно отрицательное значение f_i. Прогиб рессоры определяется как среднее арифметическое относительных перемещений колёс: $f_{2,3} = \dfrac{f_2 + f_3}{2}$. Однако здесь необходима проверка на полный отрыв колёс: если $f_{2,3} < 0$, то $f_{2,3} = 0$.

Кроме того, проверяется пробой подвески по величине относительного перемещения колеса: если $f_i > f_{\text{п}}$, то $f_i = f_{\text{п}}$.

По величине прогиба рессоры находится упругая сила $P_{y2,3}$, которая вводится в соответствующее дифференциальное уравнение колебаний машины: $P_{y2,3} = P_{y2,3}(f_{y2,3})$. Гидравлические амортизаторы в задней балансирной подвеске не устанавливаются. Сухое трение необходимо учитывать. Сила сухого трения определяется как функция упругой силы, её направление зависит от знака скорости деформации рессоры (формула 17). Соответственно, реакция подвески определяется в результате суммирования: $P_{K2,3} = P_{y2,3} + P_{T2,3}$.

Для балансирной подвески возможен отрыв одного и двух колёс. Условием отрыва одного колеса является $\delta_i = 0$, а одновременного отрыва двух колёс — $\delta_i = 0$ и $f_i = 0$. При отрыве одного колеса (зависание) дифференциальное уравнение его колебаний принимает вид формулы 18. В случае отрыва двух колёс оба колеса совершают колебания вместе с подрессоренной частью, на которую действует реакция подвески, для каждого колеса, вычисляемая по формуле 11. Перемещение оторвавшихся от дороги колёс определяется зависимостью 12, а скорость вертикального перемещения колеса — 15. При этом равно ускорение колеса определяется формулой 19.

При пробое одной из подвесок в балансирной тележке другая подвеска пары становится независимой. Поэтому для колеса, где произошёл пробой подвески, сила, действующая на подрессоренную часть, должна определяться по формуле 20. Вертикальное ускорение колеса $\ddot{z}_i$ берётся из предыдущего шага счёта. Реакция же дороги Q_i определяется следующим образом: подсчитывается абсолютное перемещение колеса 14 и скорость этого перемещения 15. Параметры колебаний подрессоренной части берутся из предыдущего шага счёта: по формулам 16 определяется деформация шины и скорость деформации и по формуле 6 — реакция дороги. Для колеса, где нет пробоя подвески, все необходимые параметры определяются как для независимой подвески с учётом жёсткости для отдельного колеса.

Применение современных вычислительных программ позволяет учесть дополнительные факторы, влияющие на плавность хода автомобиля и уточнить результаты расчётов. К числу таких факторов относятся, в частности, равенство вертикальных ускорений подрессоренной и неподрессоренных масс при пробое подвески из-за их кинематической связи в этот момент, если не учитывать деформации кинематических звеньев подвески и деформации несущей системы, что требует наличия достоверных экспериментальных данных по жёсткости этих элементов устройств. Кроме

того, возможно в более широком диапазоне определение резонансных колебаний. Например, при различных сочетаниях длины волны неровностей опорной поверхности и расстояния между колёсами (осями мостов), что существенно влияет на плавность хода автомобиля, особенно с балансирной подвеской колёс задних осей. Также появляется возможность более точно определить влияние отрыва колёс как вследствие их зависания, так и полного отрыва колёс, связанного с выбором статического хода подвески.

Литература

1. Автомобили: Теория эксплуатационных свойств, учебник для студентов учреждений высшего профессионального образования / [А.М. Иванов, А.Н. Нарбут, А.С. Паршин и др.]; под ред. А.М. Иванова. — М.: Издательский центр "Академия", 2013. — 176 с. — (Сер. Бакалавриат).
2. Смирнов Т.А. Теория движения колёсных машин: Учебник для студентов машиностроит. спец. вузов. — 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
3. Плавность хода грузовых автомобилей. Н.Н. Яценко, О.К. Прутчиков. М.: Машиностроение, 1968.

УДК 629.3.027

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭПЮРЫ СИЛОВОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ БЕСКАМЕРНОЙ ШИНЫ И ОБОДА КОЛЕСА С 15-ГРАДУСНЫМИ ПОСАДОЧНЫМИ ПОЛКАМИ И ОПРЕДЕЛЕНИЕ ЕГО НДС

Д-р техн. наук **БАЛАБИН И.В.**, канд. техн. наук **ЧАБУНИН И.С., ЛЯМИН М.С.**
МГТУ имени Н.Э. Баумана, МВОКУ,
Дмитровский институт непрерывного образования

Приводится способ прогнозирования эпюры силового взаимодействия между бескамерной шиной и ободом автомобильного колеса с 15-градусными посадочными полками, необходимой для определения деформационно-прочностных свойств обода и возможности реализации колесом в сборе с пневматической шиной тяговых и тормозных сил в пятне контакта с опорной поверхностью.

Ключевые слова: *обод с 15-градусными посадочными полками; бескамерная шина; силовое взаимодействие; эпюра силового взаимодействия; напряжённо-деформированное состояние.*

Balabin I.V., Chabunin I.S., Lyamin M.S.

PREDICTING OF POWER INTERACTION DIAGRAM OF TUBELESS TIRE WITH FIFTEEN DEGREES LANDING SHELF WHEEL'S RIM AND DETERMINATION OF HIS STRESSED DEFORMED CONDITION

The article describes a method of predicting the power interaction diagram between the tubeless tire and the rim of a car wheel with fifteen-degree landing shelves, which is necessary to determine the deformation and strength properties of the rim and the possibility of implementing the wheel Assembly with a pneumatic tire traction and braking forces in the contact spot with the support surface.

Keywords: *rim with fifteen-degree landing shelves, tubeless tire, power interaction, power interaction diagram, stressed deformed condition.*

Как известно, доминирующим силовым фактором для обода автомобильного колеса, на котором должен базироваться расчёт напряжённо-деформированного состояния последнего, служит внутреннее давление воздуха, величина которого должна быть такой, чтобы с запасом противостоять любым (реальным) силовым воздействиям; в противном случае произойдёт потеря несущей способности шины со всеми вытекающими негативными последствиями. Из сказанного напрашивается очевидный вывод: для гарантированно надёжной работы колеса необходимо знать эпюру контактного взаимодействия шины и обода и обеспечить такую её форму, которая исключает проворот шины относительно обода под действием момента, обусловленного любыми экстремальными тяговыми или тормозными силами в пятне контакта с опорной поверхностью.

Рассмотрим задачу определения напряжённо-деформированного состояния обода автомобильного колеса с 15-градусными посадочными полками, широко применяемыми для грузовых автомобилей и автобусов. Решение такой задачи только лишь с использованием метода конечных элементов чрезвычайно сложно и трудоёмко, поскольку шина — оболочка с образующей, состоящей из различных частей (каркас, брекер, протектор и др.), прочно связанных друг с другом.

Разобьём задачу на две части: задание эпюры силового взаимодействия шины с ободом и определение НДС обода. При этом для второй части задачи можно ввести упрощение: поскольку в месте соединения обода с диском колеса жёсткость оболочки как минимум на порядок больше жёсткости остальных зон, то достаточно рассмотреть только половину обода, для которой граничными условиями будут нулевые линейные и угловые перемещения на одном торце оболочки, в месте расположения диска, и свободный другой торец оболочки.

Рассмотрим приближённый способ прогнозирования эпюры давления от шины на обод, основанный на описании эпюр, полученных экспериментально [1]. На рис. 1 в верхней части представлена половина обода колеса с 15-градусными посадочными полками.

Разобьём профиль части обода AB, испытывающей переменное давление, на две части — AC и CB. Поместим начало координаты z, используемой для описания правой части эпюры, в сечении C, находящемся под бортовым кольцом шины и соответствующем максимуму давления p_{max}, и направим её по развёртке обода. За положительное примем направление отсчёта к сечению B.

Для построения правой части силовой эпюры имеется три граничных условия для двух крайних точек:

при $z = b$ $p = 0$;

при $z = 0$ $p = p_{max}$;

при $z = 0$ $\frac{dp(z)}{dz} = 0$, так как в этой точке наблюдается экстремум общей силовой эпюры.

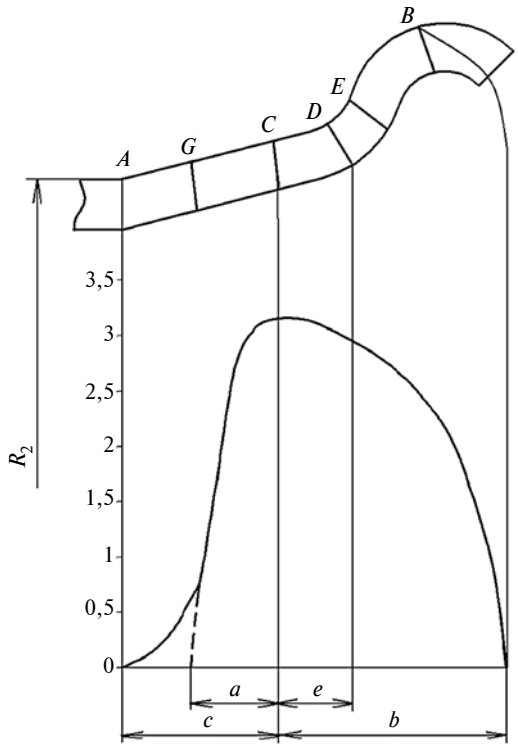


Рис. 1. Эпюра силового взаимодействия бескамерной шины и обода с 15-градусными посадочными полками

Поскольку имеются три граничных условия, то воспользуемся уравнением 1 (см. таблицу). С учётом граничных условий получаем:

при $z = 0$ $p = p_{\max}$

$$(A \cdot 0^2 + B \cdot 0 + C)^n = p_{\max} \Rightarrow C = (p_{\max})^{1/n};$$

при $z = 0$ $\dfrac{dp(z)}{dz} = n(Az^2 + Bz + C)^{n-1}(2Az + B) = 0$

$$n(A \cdot 0^2 + B \cdot 0 + C)^{n-1}(2A \cdot 0 + B) = 0 \Rightarrow B = 0$$

при $z = b$ $p = 0$

$$(Ab^2 + Bb + C)^n = 0 \Rightarrow A = -\frac{(p_{\max})^{1/n}}{b^2}.$$

Таким образом, уравнение примет вид 2.

Поскольку в экспериментально построенных эпюрах силового взаимодействия выбросов значений нет, численное значение показателя степени n найдём, используя, например, наиболее распространённый метод наименьших квадратов, который имеет оптимальные свойства статистических оценок, и простые вычислительные процедуры (формула 3). Подставив в это уравнение уравнение 2, получим:

$$\sum_{i=1}^{5}\left[p_i - p_{\max}\left(1-\frac{z^2}{b^2}\right)^n\right] p_{\max}\left(1-\frac{z^2}{b^2}\right)^n \times$$

$$\times \ln\left(p_{\max}\left(1-\frac{z^2}{b^2}\right)\right) = 0.$$

Решив последнее, получаем $n \approx 1/2$. Тогда уравнение правой части 2 силовой эпюры приобретает вид 4.

Как показал проведённый анализ экспериментально полученных эпюр силового взаимодействия между шиной и ободом с 15-градусными посадочными полками, наиболее приемлемой, т.е. одновременно обладающей достаточной точностью и простотой вычислений, для описания левой части силовой эпюры является степенная зависимость 5, где z_1 — координата,

№	Формула	Примечания
1	$p(z) = (Az^2 + Bz + C)^n$	A, B, C — коэффициенты, подлежащие определению из имеющихся граничных условий; n — показатель степени, который определим из экспериментальных эпюр
2	$p(z) = p_{\max}\left(1-\dfrac{z^2}{b^2}\right)^n$	—
3	$\sum\limits_{i=1}^{k}[p_i - p(z)]\dfrac{\partial p}{\partial n} = 0$	k — число точек обода, в которых экспериментально определены значения давления
4	$p(z) = p_{\max}\sqrt{1-\dfrac{z^2}{b^2}}$	—
5	$p(z_1) = Ae^{-Bz_1^n}$	A, B, n — коэффициенты, подлежащие определению; z_1 — координата, направленная по развёртке обода
6	$p(z_1) = p_{\max}e^{-10\left(\frac{z_1}{c}\right)^{3,065}}$	—
7	$T = \pi p(R_1^2 - R_2^2)$	p — давление воздуха в шине; R_1 — радиус нулевой кривизны шины; R_2 — радиус цилиндрической части обода
8	$dT_{CD} = p(z) \cdot 2\pi R\sin\alpha dz$	α — угол наклона посадочной полки
9	$R = r + \left(z + \dfrac{dz}{2}\right)\sin\alpha$	—
10	$T_{CD} = 2\pi\int\limits_0^d p_{\max}\sqrt{1-\dfrac{z^2}{b^2}}\left(r + \left(z+\dfrac{dz}{2}\right)\sin\alpha\right)\sin\alpha dz$	—

направленная по развёртке обода, начало которой находится в сечении C, а за положительное принято направление к сечению A.

Граничные условия:

при $z_1 = 0$ $p = p_{\max}$

$$Ae^0 = p_{\max} \Rightarrow A = p_{\max};$$

при $z_1 = c$ $p = 0$

$$p_{\max} e^{-Bc^n} = 0 \Rightarrow B = -\frac{\ln 0}{c^n}.$$

Поскольку ln0 не существует, то зададимся очень малой величиной давления, например, при $z_1 = c$ $p = 1 \cdot 10^{-4}$ МПа, тогда $B = -\frac{10}{c^n}$;

при $z_1 = c$ $\frac{\partial p}{\partial z_1} = 0$

$$-p_{\max} B e^{-B \cdot 0^n} n \cdot 0^{n-1} = 0.$$

Третье условие обращается в тождество при любом значении n.

Так как из имеющихся трёх граничных условий определить значение n не представляется возможным, то найдём его также, например, по методу наименьших квадратов:

$$\sum_{i=1}^{5} \left[p_i - p_{\max} e^{-10\left(\frac{z_1}{c}\right)^n} \right] \frac{\partial p}{\partial n} = 0,$$

откуда $n = 3{,}065$. Тогда уравнение, описывающее левую часть силовой эпюры, имеет вид 6.

Из полученных зависимостей видно, что неизвестным является максимальное давление $p_{\max}$. Его определим из сопоставления величины осевой силы (формула 7), действующей на рассматриваемую часть AB обода (за исключением силы трения) [2] и осевой силы в долях $p_{\max}$, получаемой из аналитических выражений для давления (4) и (6).

Участки AG и GC обода представляют собой коническую оболочку, участок CB разделим на участки CD, DE, ED, представляющие собой соответственно коническую оболочку и оболочки отрицательной и положительной гауссовой кривизны. Величины воспринимаемой каждым участком осевой силы T обозначим соответственно через T_{AG}, T_{GC}, T_{CD}, T_{DE}, T_{EB}. Их сумма будет равна полной осевой силе T (без учёта силы трения $T_{\text{тр}}$) в долях $p_{\max}$. Приравняв её к значению силы T, полученному по зависимости 7 (за вычетом $T_{\text{тр}}$), определяем значение $p_{\max}$.

Рассмотрим, например, участок CD. Обозначим его текущий радиус через R, как показано на рис. 2, и примем его в качестве аргумента функции 4 распределения нагрузки $p(z)$. Выражение для определения осевой силы, действующей на элементарное кольцо этого участка, будет иметь вид формулы 8. Множитель $p(z)$ описывает силовое взаимодействие, а множитель $2\pi R \sin\alpha dz$ — геометрические параметры обода.

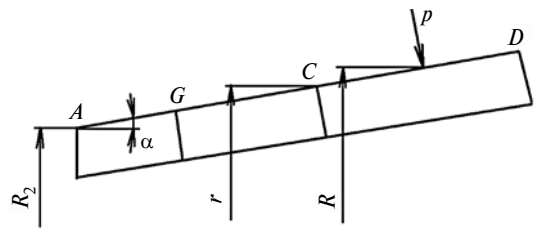


Рис. 2. Участок конической посадочной полки

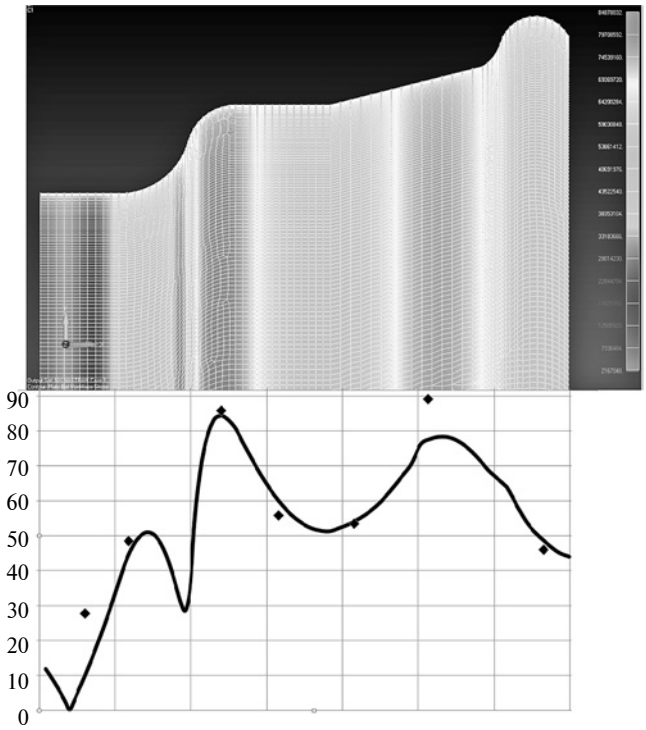


Рис. 3. Эквивалентные напряжения в ободе колеса от действия внутреннего давления воздуха в шине

Выражение для $p(z)$, входящее в уравнение 8, подставим из выражения 4, а выражение для текущего радиуса R элементарного кольца запишем в виде формулы 9. Следовательно, осевая сила, действующая на весь участок CD, запишется в виде формулы 10. Таким образом, неизвестной величиной здесь также оказывается максимальное давление $p_{\max}$.

Аналогичным образом определяя осевые силы для других участков и просуммировав полученные результаты, получим выражение для полной осевой силы T (без учёта силы трения $T_{\text{тр}}$) в долях $p_{\max}$. Приравнивая полученное выражение для T в долях $p_{\max}$ к значению T, полученному по формуле 7 (за вычетом $T_{\text{тр}}$), определяем значение $p_{\max}$ и затем по зависимостям 4 и 6 строим эпюру силового взаимодействия между шиной и ободом (как показано на рис. 1).

Первая подзадача выполнена.

После этого можно определить напряжённо-деформированное состояние обода колеса. Для этого воспользуемся методом конечных элементов, в частности, широко применяемым программным комплексом Nastran. Поскольку обод колеса с 15-градусными по-

садочными полками представляет собой тонкостенную оболочку практически постоянной толщины, то в качестве конечного элемента использовался элемент оболочки *Plate*, воспринимающий мембранные, сдвиговые, поперечные, изгибные нагрузки [3]. Результаты расчёта в виде полей распределения эквивалентных напряжений представлены на рис. 3.

Для удобства сравнения результатов численного расчёта с результатами эксперимента в нижней части рис. 3 представлены кривые распределения эквивалентных напряжений и отмечены значения напряжений, полученные пересчётом меридиональных и окружных напряжений, определённых тензометрированием [4]. Как видим, совпадение расчётных и экспериментальных данных достаточно хорошее, т.е. можно использовать представленный способ прогнозирования эпюры силового взаимодействия шины и обода автомобильного колеса с 15-градусными посадочными полками для определения его напряжённо-деформированного состояния.

Литература

1. Балабин И.В., Зайцев С.А., Чабунин И.С., Лямин М.С., Лямин С.Н. Измерительные системы силового взаимодействия между ободом и шиной автомобильного колеса // 18-й симпозиум "Проблемы шин и резинокордных композитов". М. — 15—19 октября 2007 г. — С. 61—72.
2. Бидерман В.Л. и др. Автомобильные шины. — М.: Машиностроение, 1963. — 384 с.
3. Рычков С.П. Моделирование конструкций в среде Femap with NX Nastran. — М.: ДМК Пресс, 2013. — 784 с.
4. Чабунин И.С. Напряжённо-деформированное состояние и разработка инженерного метода расчёта обода колеса для бескамерных шин грузовых автомобилей и автобусов: дис. ... канд. техн. наук. — М., 2003. — 250 с.

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

УДК 656.13:681.5

МЕТОД ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСХОДА ТОПЛИВА АВТОНОМНЫМИ ПОДОГРЕВАТЕЛЯМИ В УСЛОВИЯХ ЭКСПЛУАТАЦИИ АВТОБУСОВ

Кандидаты техн. наук **КУЛЬКО А.П., КУЛЬКО П.А.**
Волжский политехнический институт (филиал) ВолгГТУ,
ООО "Трансавтоматика" (apkr@rambler.ru)

Выполнен анализ расхода топлива в зимнее время подогревателем на автопредприятии в условиях работы автобусов на линии. Предложены нормативы расхода топлива автобусами в период зимней эксплуатации. Содержатся рекомендации по корректировке норм расхода топлива.

Ключевые слова: *отопление автобуса, метод нормирования потребления топлива.*

Kulko A.P., Kulko P.A.

METHOD FOR DETERMINING FUEL CONSUMPTION INDEPENDENT HEATERS IN OPERATING CONDITIONS OF BUSES

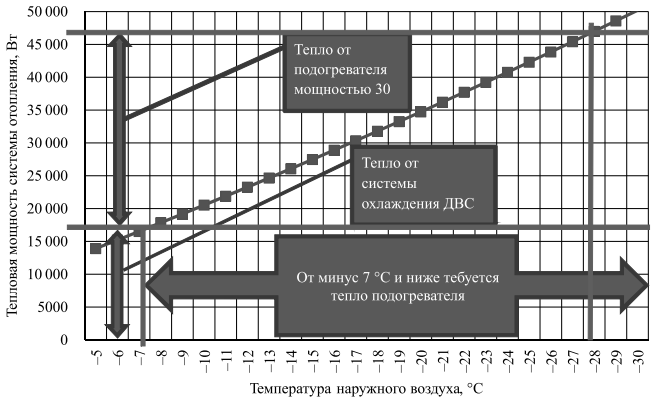
Analysis of fuel consumption in the winter heater in the automobile in the conditions of buses on the line. Standards of fuel consumption by buses during winter operation are offered. There are recommendations for adjusting fuel consumption rates.

Keywords: *bus heating, method of rationing fuel consumption.*

Автономные подогреватели на автобусах используются в холодное время года при среднесуточной температуре ниже + 5 °С, обеспечивая как предпусковой подогрев двигателя, так и благоприятные тепловые условия в пассажирском салоне и на рабочем месте водителя автобуса. Включается и выключается подогреватель автоматически в зависимости от температуры жидкости, поступающей из системы охлаждения двигателя. Очевидно, что чем ниже температура окружающей среды, тем выше потребность в тепле для салона автобуса и дольше продолжительность работы подогревателя.

Тепловая мощность и расход топлива считаются их главными характеристиками автономного подогревателя [1]. Тепловая мощность зависит от среднесуточной температуры окружающей среды региона эксплуатации, требуемого времени предпускового подогрева двигателя (5...8 мин), разогрева салона и рабочего места водителя (не более 15...30 мин) до минимально-допустимой температуры [2], массы подогреваемого двигателя, объёма и температуры отапливаемого салона автобуса.

На рисунке представлена зависимость расчётной потребной тепловой мощности для поддержания минимальной допустимой температуры воздуха 15 °С в пассажирском салоне 12-метрового автобуса большого класса и 16 °С на рабочем месте водителя от температуры окружающей среды [3]. Как видим, количества тепла, поступающего в пассажирский салон и в кабину водителя автобуса от непрерывно работающего подогревателя мощностью 30 кВт и от системы охлаждения двигателя (15...20 кВт) достаточно для поддержания допустимой по нормативу внутренней температуры воздуха при наружных температурах до −28 °С, а при наружной температуре выше −7 °С будет достаточно тепла системы охлаждения двигателя. В дневное время на городском автобусе автономный подогреватель может работать с низкой продолжительностью включения или вовсе не включаться после первичного прогрева салона.



В настоящее время на автотранспортных предприятиях и в организациях, которые эксплуатируют автотранспортные средства, нормирование расхода топлива выполняется в соответствии с Методическими рекомендациями Минтранса РФ NAM-23-P "Норма расхода топлива и смазочных материалов на автомобильном транспорте" [3].

Для автобусов нормативное значение расхода топлива рассчитывается по формуле:

$$Q_н = 0{,}01H_sS\,(1 + 0{,}01D) + H_{под}\tau_п,$$

где $Q_н$ — нормативный расход топлива; H_s — транспортная норма расхода топлива на пробег автобуса; S — пробег автобуса; $H_{под}$ — норма расхода топлива подогревателей (л/ч); $\tau_п$ — время работы автомобиля с включенным подогревателем; D — поправочный коэффициент (суммарная относительная надбавка или снижение, %) к норме [4].

При расчёте в соответствии с существующими методическими рекомендациями нормативный расход топлива назначается для непрерывной работы подогревателя в течение смены и не зависит от изменения природно-климатических факторов, особенностей теплофизических и конструктивных особенностей кузова транспортного средства.

Поставим задачу: определить расход топлива в зимнее время подогревателем на автопредприятии в условиях работы автобусов на линии и предложить нормативы расхода топлива автобусами в периоды летней и зимней эксплуатации.

В приведённой выше формуле второе слагаемое $H_{под}\tau_п$ невозможно рассчитать, так как неизвестна продолжительность включения $\tau_п$ подогревателя в конкретных температурных условиях эксплуатации. Поэтому был разработан метод, позволяющий статистически определить расход топлива и планировать эти затраты в зимнее время.

В исследовании участвовали пять автобусов "Волжанин" мод. 5270.04 и 5270.02 с двигателем ЯМЗ-236 НЕ 2-8 мощностью 169 кВт, с подогревателем "Прамотроник 141.8106.000" тепловой мощностью 30 кВт. Автобусы были закреплены и работали постоянно на пригородных маршрутах 104, 111, 102, 117, 146 г. Волжский.

Среди факторов, влияющих на расход топлива подогревателем, есть переменные и постоянные. По условиям исследования (автобусы одной модели с одинаковыми двигателями и подогревателями, работа на закреплённых пригородных маршрутах) постоянными факторами являются: коэффициент теплопередачи, площади ограждений кузова, тепловыделения 15...20 кВт системы охлаждения двигателя (по данным сервисного бюллетеня фирмы "Скания").

Переменные факторы: число пассажиров в салоне автобуса, температура наружного воздуха, расход топлива подогревателем, эксплуатационная скорость автобуса на маршруте.

Пассажиры в салоне создают нагрузку при движении автобуса на маршруте и выделяют в среднем тепловую энергию по 100 Вт. Температура наружного воздуха принимается по данным Волжского Гидрометцентра. Расход топлива подогревателем определяется общим расходом топлива автобусами на маршрутах в сравнении зимнего и летнего периодов эксплуатации.

В рамках исследования выполнены следующие работы: обработка и анализ показателей температуры воздуха по данным Гидрометцентра г. Волжского; обработка и анализ данных производственно-технического отдела Волжской автоколонны № 1732 по пробегу и расходу топлива автобусов (в зимние месяцы — декабрь 2017 г., январь и февраль 2018 г.; в летние месяцы тех же автобусов — июнь, июль и август 2018 г.); обработка и анализ данных по выбранным автобусам планово-экономического отдела Волжской автоколонны № 1732 по времени работы на маршрутах и числу перевезённых пассажиров (в те же месяцы); расчёт показателей расхода топлива подогревателями на автобусах в зимнее время.

По данным Гидрометцентра среднемесячные температуры в г. Волжском составили: в декабре 2017 г. — −0,1 °С; в январе 2018 г. — −5,59; в феврале — −5,64; в июне +21,6; в июле — +24,1; в августе 2018 г. — +24,4 °С. Следовательно, подогреватели весь зимний сезон работали для обеспечения предпускового подогрева двигателя, разогрева салона и рабочего места водителя до минимально-допустимой температуры, массы подогреваемого двигателя, объёма и температуры отапливаемого салона автобуса.

Полученные данные от производственно-технического и планово-экономического отделов сведём в таблицу. Как видим, средний путевой расход топлива в зимние месяцы составил 42,53 л/100 км, в летние — 38,54. Средний часовой расход — соответственно: 16,77 и 16,46 л/ч. То есть зимние показатели оказались существенно ниже нормативных. Число перевозимых пассажиров в час в зимний и летний периоды на пригородных маршрутах отличается всего на 9 %. Поэтому данный фактор принимаем за постоянную величину. Средняя скорость движения автобусов на пригородных маршрутах в зимний период составила 39,44 км/ч, а в летний — 42,77. Разница — те же 9 %, следовательно, и этот фактор будем считать постоянной величиной. Таким образом на расход топлива автобусами на пригородных маршрутах оказывают основное влияние два переменных фактора, причём свя-

Показатели	Период							
	Декабрь	Январь	Февраль	Декабрь-февраль	Июнь	Июль	Август	Июнь-август
Расход топлива, л	6983	6335	6458	19776	6944	8414	8129	23 487
Общий пробег, км	16 916	14 584	14 996	46 496	18 083	21 784	21 078	60 945
Время работы на маршрутах, ч	437,14	367,18	374,67	1178,99	413,43	502,37	511,50	1427,30
Нормативный расход топлива, л/100 км	44,70	44,70	44,70	44,70	38,60	38,60	38,60	38,60
Средний путевой расход топлива, л/100 км	41,28	43,44	43,06	42,53	38,40	38,62	38,57	38,54
Средний часовой расход топлива, л/ч	15,97	17,25	17,24	16,77	16,80	16,75	15,89	16,46
Число перевезённых пассажиров, чел.	8706	7063	7093	22 862	6843	9338	9255	25 436
Пассажиропоток, чел./ч	19,92	19,24	18,93	19,39	16,55	18,59	18,10	17,82

занных между собой: средняя месячная температура наружного воздуха и расход топлива подогревателем.

Рассчитаем расход топлива подогревателями как разность между средним зимним и средним летним расходами топлива автобусами: $\Delta q = 16{,}77 - 16{,}46 = 0{,}31$ (л/ч) и $\Delta g = 42{,}53 - 38{,}54 = 3{,}99$ (л/100 км).

Нормативное значение расхода топлива предлагается рассчитывать по формулам, отличающимся от приведённой выше вторым слагаемым:

$$Q_н = 0{,}01 H_s S(1 + 0{,}01D) + \Delta g S.$$

Здесь: H_s — норматив расхода топлива автобусов в летний период, откорректированный по статистическим данным исследования (38,54 л/100 км); D — поправочный коэффициент (%) к норме, т.е. суммарная относительная надбавка или снижение. Принимаем $D = 0$. Выполним расчёт по этой формуле нормативного расхода топлива для автобуса на зимний период при пробеге, например, 100 км:

$$Q_н = 0{,}01 \cdot 38{,}54 \cdot 100(1 + 0{,}01 \cdot 0) + 3{,}99 = 42{,}53 \text{ л}.$$

Таким образом, нормативы зимнего расхода топлива для данного случая следует установить не выше 42,53 л/100 км.

Предлагаемый метод определения расхода топлива подогревателем позволяет с большей достоверностью планировать затраты автобусов на зимний период по различным маршрутам с учётом температуры наружного воздуха. Отношение нормативных величин расхода топлива зимнего и летнего периодов составляет $D_н = (44{,}70/38{,}60 - 1) \cdot 100 = (1{,}158 - 1) \cdot 100 = 15{,}8$ %. Отношение фактических средних величин расхода топлива зимнего и летнего периодов составляет $D_р = (42{,}53/38{,}54 - 1) \cdot 100 = (1{,}104 - 1) \cdot 100 = 10{,}4$ %. На зимний период рекомендуется увеличивать нормативный расход топлива автобусам на пригородных маршрутах г. Волжский на 10,4 % вместо 15,8.

Экономическая эффективность при планировании затрат для зимнего периода за счёт снижения закупки топлива для пяти автобусов составит — 50 тыс. руб.

Литература

1. Найман В.С. Всё о предпусковых обогревателях и отопителях. — М.: АСТ: Астрель: Хранитель, 2007. — 160 с.
2. Кулько А.П., Кулько П.А. Определение тепловой мощности автономного подогревателя для тепловой подготовки и отопления автобуса большого класса. Автомобильная промышленность. — 2017. — № 4. — С. 19—24.
3. Кулько А.П., Кулько П.А. Энергосберегающая климатическая система автобуса: проблемы и решения. Автомобильная промышленность. — 2018. — № 3. — С. 11—15.
4. Кулько А.П., Митин Р.А., Агарков О.С., Моисеев Ю.И. Нормирование расхода топлива автомобилей при работе автоматических подогревателей. Молодой учёный. — 2016. — № 10 (114), ч. 3. — С. 275—278.

УДК 534.6:629.113

ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ НАДЁЖНОСТИ ВОДЯНЫХ НАСОСОВ СИСТЕМЫ ОХЛАЖДЕНИЯ

НОРМАТОВ М.К., д-р техн. наук **ЛЕБЕДЕВ А.Е., ВАТАГИН А.А.**
Ярославский ГТУ (vatagerr@bk.ru)

Рассматривается разработка метода повышения надёжности водяных насосов системы охлаждения двигателей автотранспортных средств, способствующего уменьшению воздействия кавитации на элементы водяного насоса.

Ключевые слова: *автомобиль, система охлаждения, кавитация, водяной насос, делители потока.*

Normatov M.K., Lebedev E.A., Vatagin A.A.

FOR INCREASING THE RELIABILITY OF WATER PUMPS OF THE COOLING SYSTEM

The article is devoted to the development of a method for increasing the reliability of water pumps of the cooling system for motor vehicles, which contributes to reducing the effect of cavitation on the elements of the water pump.

Keywords: *car, cooling system, cavitation, water pump, flow dividers.*

Детали насоса системы охлаждения двигателя в процессе эксплуатации воспринимают силы давления жидкости, ударные нагрузки, а также подвержены

действию коррозии и кавитации. Причём именно кавитационный износ элементов насоса служит одной из главных причин его выхода из строя [1—4].

При работе в зоне всасывания возникает область с пониженным давлением, где имеет место образование газовых пузырей. Сформированные полости из растворённого в жидкости газа, попадая в зону повышенного давления, сжимаются и затем схлопываются. В процессе схлопывания формируется направленная высокоскоростная струя жидкости, резкий скачок давления и температуры. Если такой процесс происходит вблизи рабочих органов, то имеет место их разрушение, причём интенсивность кавитационного разрушения практически всегда выше, чем при коррозии и механических воздействиях.

Наиболее подвержены кавитационному воздействию лопасти насоса, являющиеся одной из самых дорогостоящих и ответственных деталей. Решение проблемы за счёт специальных покрытий или футеровок приводит к существенному усложнению конструкции и удорожанию насоса, т.е. бесперспективно. Однако решение есть.

В целях снижения кавитации предлагается во всасывающем патрубке разместить делители потока, которые разбивают его на отдельные струи в зоне низкого давления, за счёт чего практически предотвращается вскипание жидкости, тем самым, снижается интенсивность кавитации. Данный принцип уже нашёл широкое применение в регулирующей и запорной трубопроводной арматуре [1—4], однако применение готовых решений для водяных насосов системы охлаждения привело бы к резкому повышению гидравлического сопротивления. По этой причине разработаны несколько конструкций делителей потока, имеющих простую геометрическую форму и невысокое гидравлическое сопротивление, которые позволили бы их использовать в системах охлаждения автомобильных двигателей (рис. 1).

Для исследования гидродинамики в насосе проведён численный эксперимент с использованием современных программных продуктов, реализующих 3D-моделирование и метод конечных элементов. Была построена 3D-модель насоса и его внутренней полости (рис. 2 и 3) без делителя и с размещённым в нём делителем.

Сначала был проведён расчёт в насосе без делителя потока. Гидродинамическая картина показана на рис. 4. В центре крыльчатки наблюдается резкий перепад давления, вызывающий кавитацию, что и подтверждается характером износа крыльчатки. (*Рисунки 4 и 5 в цвете продублированы на рис. 3 обложки журнала.*)

Далее был проведён численный эксперимент с разработанными делителями потока. Использование делителей 1 и 3 (см. рис. 1) практически не изменило картины распределения давлений по сравнению с насосом без делителя. Однако применение вставки номер 2 позволило существенно снизить градиент давлений в центральной зоне насоса (рис. 5). В этом случае в центральной зоне, наиболее подверженной кавитационному износу, практически отсутствует перепад давлений, т. е. снижается вероятность кавитации.

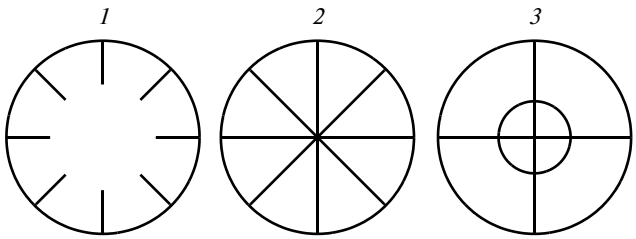


Рис. 1. Виды делителей потока

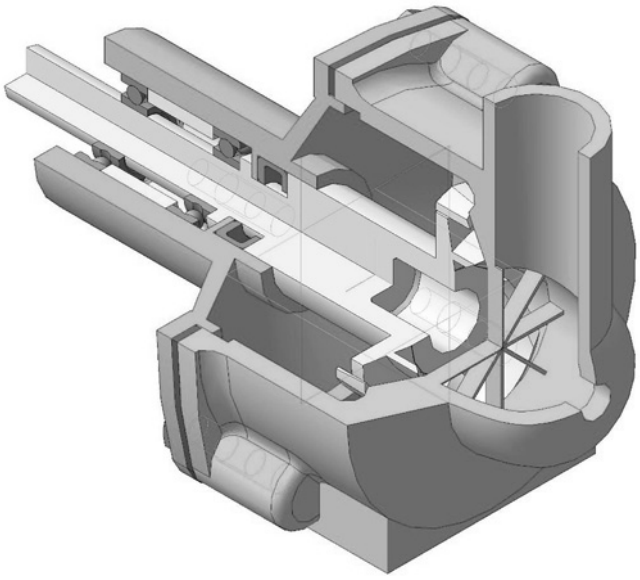


Рис. 2. 3D-модель насоса с делителем потока

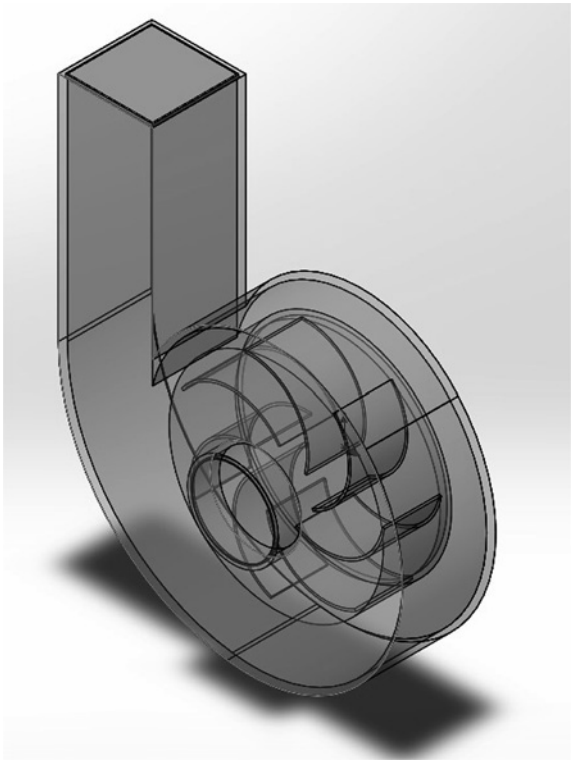
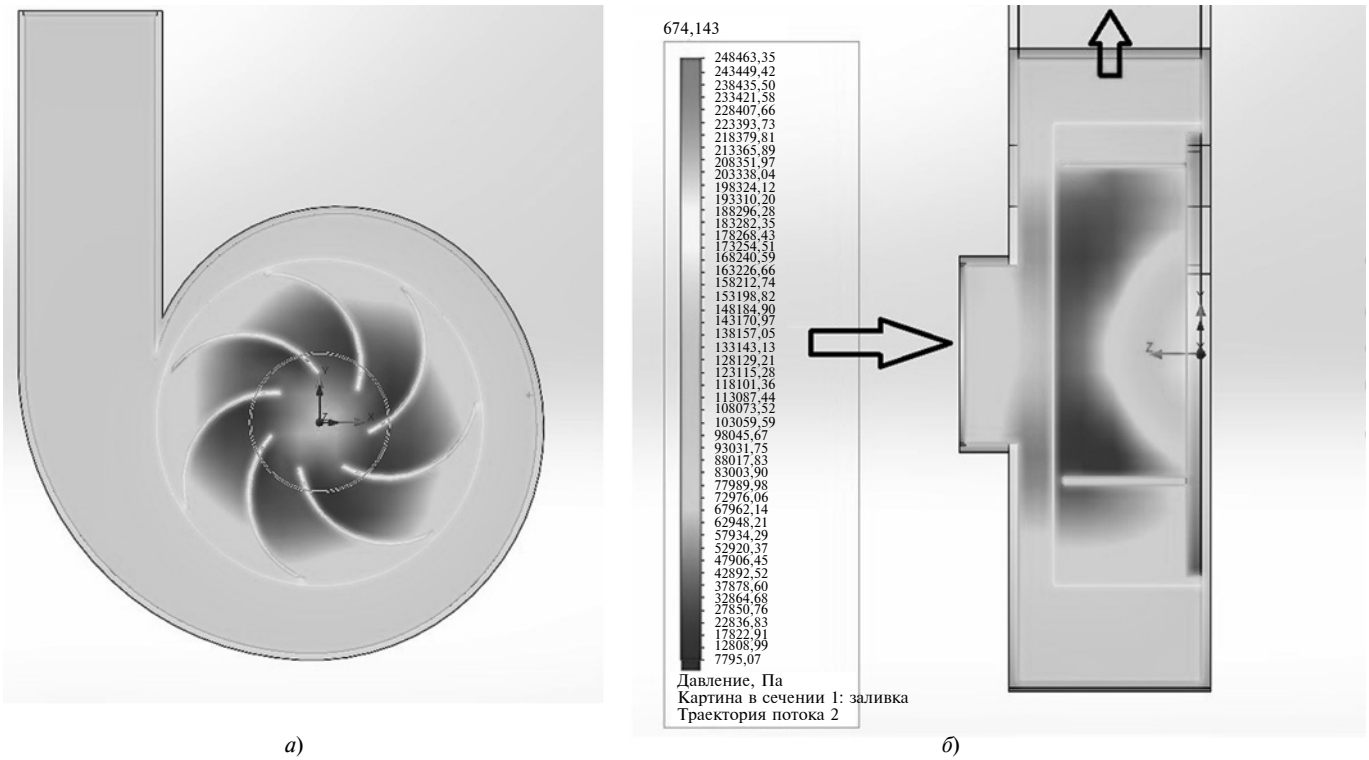
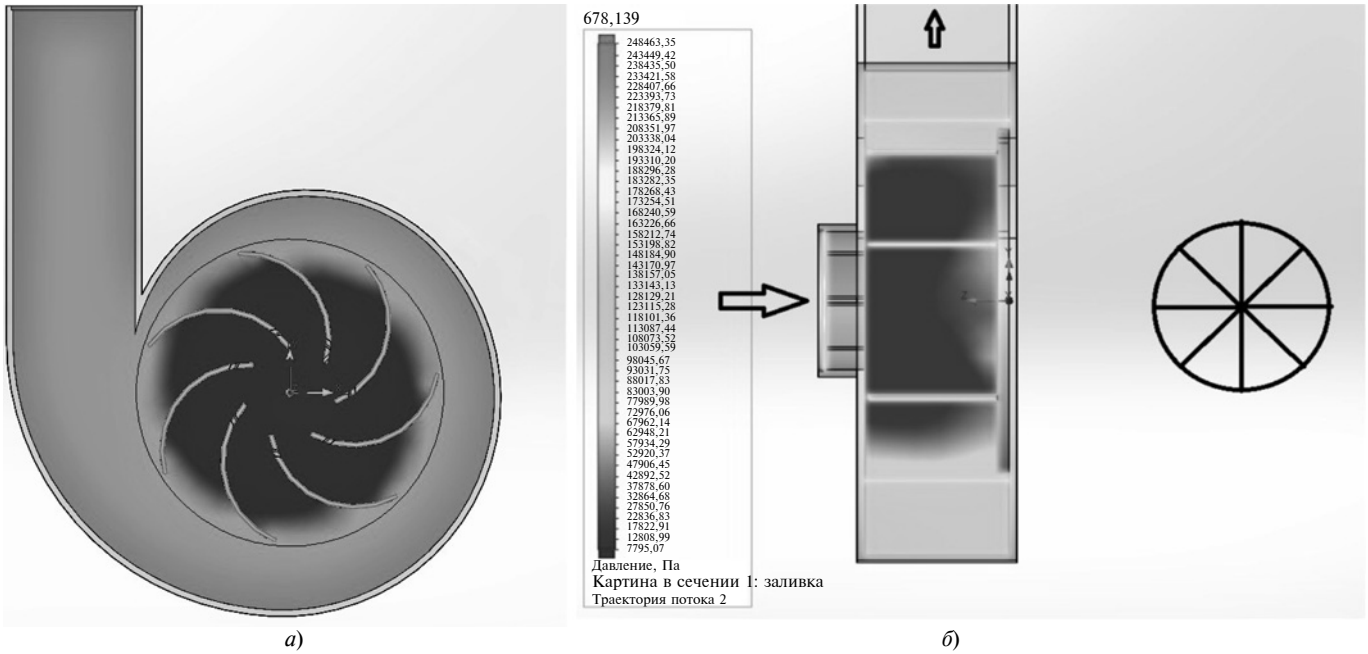


Рис. 3. 3D-модель внутренней полости насоса



а) *б*)

Рис. 4. Градиент давления жидкости без делителя потока:
а — поперечное сечение; *б* — продольное сечение



а) *б*)

Рис. 5. Результат эксперимента с делителем потока № 2:
а — поперечное сечение; *б* — продольное сечение

Применение этого делителя позволило сместить зону возникновения кавитации в области за лопасти крыльчатки, где её воздействие не причинит существенного вреда.

Представленные исследования подтверждены циклом опытов, в ходе которых изучалось влияние делителя потока на интенсивность кавитационного разрушения водяных насосов системы охлаждения автомобиля.

Литература

1. The application process of the Ornstein-Ulenbek to the formation of cavitation bubbles / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, S.A. Solopov, A.M. Melzer // Czasopismo techniczne. Mechanika. — Krakov, Poland, 2016. — Vol. 113. — No 2. — P. 139—144.

2. О методах расчёта гидравлических сопротивлений регулирующих органов при транспортировании однокомпонентных сред / А.Б. Капранова, А.Е. Лебедев, А.М. Мельцер, С.А. Солопов, С.В. Неклюдов // Фундаментальные исследования. — № 4 (часть 1), 2016. — С. 52—60.
3. Kapranova A.B. The definition of the integral characteristics of the process of formation of cavitation bubbles when operating the control valve / A.B. Kapranova, A.E. Lebedev, A.M. Melzer // Chemical Engineering-2017: 3rd International Conference on Chemical Engineering (October 2—4, 2017). — Chicago, Illinois, USA, 2017. — J. Chem. Eng. Process Technol. — Vol. 8. — No 5. — P. 58. (DOI) 10.4172/2157-7048-C1-009
4. Пат. 2453753 Российская Федерация, МПК F 16 K47/14. Устройство для снижения давления текучей среды, используемое в процессах с высокими коэффициентами падения давления / Э.К. Фэйгерлунд. — Опубл. 30.07.06, Бюл. № 17.

УДК 622.684+656.07+658.286

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАНСПОРТНОЙ СИСТЕМЫ ГОРНО-ОБОГАТИТЕЛЬНЫХ КОМБИНАТОВ

СЕМЫКИНА А.С., канд. техн. наук **ЗАГОРОДНИЙ Н.А.**
Белгородский ГТУ имени В.Г. Шухова (fantarock@mail.ru)

Рассмотрены проблемы транспортного комплекса горно-обогатительных комбинатов. Представлены требования к карьерному транспорту. Рассмотрены производственный процесс и технологические операции процесса транспортирования. Определены пути решения проблем процесса транспортирования. Установлено, что при создании рациональной системы транспортирования железорудного сырья возможно снижение материальных затрат и потерь при перевозке.

Ключевые слова: *транспорт, транспортный комплекс, карьер, горно-обогатительный комбинат, процесс транспортирования, железорудное сырье, полезные ископаемые, перевозка.*

Semykina A.S., Zagorodny N.A.

IMPROVING THE TRANSPORT SYSTEM OF MINING AND PROCESSING PLANTS

The article deals with the problems of the transport complex of mining and processing plants. The requirements for career transport are presented. The production process and technological operations of the transportation process are considered. The ways of solving the problems of the transportation process are determined. It is established that the creation of a rational system of transportation of iron ore may reduce material costs and losses during transportation.

Keywords: *transport, transport complex, quarry, mining and processing plant, transportation process, iron ore raw materials, minerals, transportation.*

Для доставки железных руд от карьера до обогатительной фабрики необходимо создание специальной транспортной системы, обеспечивающей перевозку с минимальными материальными, трудовыми, финансовыми и временными затратами. Изначально составляются планы производства, технологические операции, определяющие последовательность и объёмы работ; рассматриваются количество рабочих дней, составляется календарный план работы; составляются месячные планы работы, с указанием основных показателей, требующих выполнения в определённый период [1]. В составленные планы входят такие параметры, как объём бурения, расстановка транспорта, определение мест добычи железорудного сырья, показатели добываемого полезного ископаемого, сроки выполнения добычи и транспортирования, объёмы перевозимого груза, время перевозки, маршрут перевозки и др.

Транспортный комплекс горно-обогатительных комбинатов включает различные виды карьерного транспорта: железнодорожный, автомобильный, конвейерный, канатный, гидравлический, скреперные средства доставки и др. Выбор транспорта определяется видом транспортирования горнодобывающего сегмента, весом и объёмом груза, расстоянием транспортирования от карьера на предприятие и временем доставки.

Для оценки работы горно-обогатительных комбинатов используют различные показатели. Так, например, для оценки работы экскаваторов используют такие показатели, как: объём добываемого сырья в $м^3$ и время добычи сырья в часах. Производительность работы экскаватора, $м^3$/ч, определяется соотношением объёма добываемого сырья и времени добычи. Для оценки работы автомобилей используют такие показатели, как: объём перевозимого груза в тоннах, время перевозки груза в часах, время простоя, в том числе из-за отказов той или иной системы автомобиля. Производительность автомобиля (тонн в час) определяется как отношение объёма перевозимого сырья ко времени перевозки. Для оценки работы складов используют такие показатели, как: приход и расход полезных ископаемых в тоннах, величина изменения объёмов, хранящихся на складе в тоннах, время работы склада в часах [2]. Статистика оперирует конечными показателями работы предприятий, такими как: выработка продукции предприятием за определённый период, время работы оборудования, количество проведённых ремонтов и время их проведения [3].

Требования, предъявляемые к карьерному транспорту: обеспечение возможности перевозки; обеспечение надёжности и долговечности узлов и агрегатов транспорта; рациональность трудоёмкости и затрат на перевозку; обеспечение безопасности при эксплуатации транспорта; обеспечение экологичности при эксплуатации транспорта; доставка груза в кратчайшие сроки; обеспечение сохранности груза [4]. При перевозке сырья на железнодорожном карьерном транспорте максимальный размер перемещаемых грузов не должен превышать 1250 мм. При карьерном автотранспорте допускается для загрузки в кузов карьерного или подземного автосамосвала по технической характеристике горная масса с размером куска до 600 мм. С применением ленточных конвейеров допускается для транспортирования на транспортёрной ленте шириной до 2000 мм горная масса гранулометрического состава до 300 мм. При трубопроводном гидротранспорте допускается по условию перемещения твёрдого в потоке жидкости максимальный размер куска до 30 мм [5].

Рис. 1. Процесс транспортирования железной руды

Для изучения проблем транспортного комплекса горно-обогатительных комбинатов требуется рассмотреть процесс транспортирования полезных ископаемых в рудных и угольных месторождениях [6].

В замкнутых системах (в рудных карьерах) железорудное сырьё перевозят железнодорожным транспортом. Подвижной состав имеет несколько вагонов открытого типа. Вагоны функционируют только в пределах карьера. Основная цель транспортировки в замкнутых системах при нерасцепляемых вагонах доставить сырьё до места назначения.

В разомкнутых системах (например, угольных разрезах) процесс перевозки осуществляется иначе. Вагоны перед погрузкой расцепляют на группы, а после погрузки вновь объединяют. Основная цель транспортировки в разомкнутых системах — построить систему управления транспортированием, эффективно распределить вагоны, доставляющие сырье до пункта назначения.

В горно-обогатительных комбинатах процесс производства, добыча сырья и его транспортирования различны. Это в первую очередь зависит от характеристик добываемых полезных ископаемых, количества и состояния транспортной техники, объёмов производства, материальных затрат и др. Производственный процесс горно-обогатительных предприятий состоит из следующих основных этапов: добыча и доставка руды на усреднительный и промежуточные склады; транспортировка руды из усреднительного и промежуточных складов на обогатительную фабрику; обогащение руды на обогатительной фабрике [7, 8].

Технологические операции транспортирования подразделяются на производственные (добыча и обогащение железорудного сырья); вспомогательные (складирование) и обслуживающие (транспортирование сырья).

Рассмотрим процесс транспортирования на примере железной руды (рис. 1). Процессы можно представить в виде элементов производства, которые взаимодействуют между собой посредством материальных, информационных, а также потоков услуг, осуществляя организованную целенаправленную деятельность по управлению этими потоками, образуя при этом логистическую систему [9].

Основная проблема при транспортировании полезных ископаемых в горно-обогатительных комбинатах — нарушение взаимодействия операций, выполняемых при перевозке сырья от карьера до предприятия [4]. Анализ эффективности процесса транспортирования должен производиться не на основе изучения отдельных объектов (например, эффективность функционирования автомобилей, эффективность проведения технического обслуживания и ремонта транспорта и др.), а на основе изучения всех элементов и объектов, участвующих в процессе перевозки [10]. Система транспортирования должна контролировать не один сегмент при перевозке, а взаимодействие между всеми сегментами, указанными на рис. 2. Исследование одного конкретного объекта процесса перевозки может привести к перегруженности или недогруженности процесса на другом объекте. Это влечёт снижение эффективности показателей транспортирования. В свою очередь, при исследовании всех объектов перевозки необходимо учитывать динамические изменения в объёмах работы. Налаженная работа между местом добычи, временным складом и предприятиям, а также промежуточными подразделениями позволит снизить потери при транспортировании, затраты на транспортировку, время транспортирования и простои транспорта.

Основная цель процесса транспортирования заключается в доставке железорудного сырья в пункт назначения в нужное время, в нужном количестве и с наименьшими потерями, затратами, исключающими сбои в работе. Совершенствование процесса должно быть направлено не на достижение максимального объёма производства, а на обеспечение бесперебойной работы производства, снижение возможных сбоев, снижение возникновения числа неисправностей транспорта и прочих условий, влекущих за собой остановку процесса транспортирования.

Решение данных проблем состоит в создании оперативного планирования, заключающегося в следующем: регулярное проведение технического обслуживания транспорта; постоянный контроль за процессом транспортирования; эффективное распределение транспорта по участкам работы; эффективное распределение объёмов перевозимого груза; выбор рационального маршрута транспортирования; создание временного интервала.

При эксплуатации транспорта, осуществляющего перевозку железорудного сырья, необходимо обеспечить бесперебойную работу систем и агрегатов машин. Зачастую для транспортирования сырья используют технику с истекшим сроком эксплуатации [11], что увеличивает износ деталей, даже при минимальной нагрузке. Поэтому горно-обогатительные комбинаты периодически должны обновлять парк машин. Замена техники на новую, регулярное проведение тех-

Рис. 2. Взаимодействие основных процессов при добыче железорудного сырья

нического обслуживания с периодической заменой расходных материалов и деталей, проведение своевременного текущего ремонта транспорта позволит снизить возникновение числа неисправностей, увеличить пробеги до капитального ремонта транспорта, требующего больших финансовых вложений, а также снизить возможность возникновения простоев техники, ожидающей ремонта.

При добыче железорудного сырья в карьере должны быть сформированы рабочие площадки, базы для технического обслуживания и ремонта транспорта, соответствующие маршруты (дороги) для передвижения транспорта, площадки для хранения транспорта и оборудования, временные склады [12]. В настоящее время, в основном в карьерах, первостепенной задачей является добыча полезных ископаемых и перевозка до пункта назначения. Вопрос о формировании системы технического обслуживания и ремонта на местах близ мест добычи сырья остаётся открытым [13]. При возникновении неисправности средств транспорта возможны сбои в процессе транспортирования, что может привести к снижению темпов производства и тем самым к нарушению в работе в целом. Таким образом, формирование рабочих площадок и баз обслуживания позволит снизить потери при транспортировании, появится возможность, не останавливая процесс производства, устранить возможные неисправности на местах.

Одной из проблем транспортного комплекса горно-обогатительных комбинатов является маршрутизация движения транспорта. Ставится основная задача — разработать оптимальный маршрут перевозки железорудного сырья с наименьшими затратами. Маршрут базируется на таких показателях, как: расстояние от места добычи до карьера, время перевозки груза, расход топлива транспортом, пройденный километраж транспорта, скорость движения транспорта, время, затрачиваемое на выполнение погрузочно-разгрузочных работ. С учётом данных факторов возможно построение оптимального маршрута движения транспорта с наименьшими потерями.

Время транспортирования железорудного сырья состоит из времени оформления перевозочных документов, времени на движение, простои из-за различных операций, времени на техническое обслуживание. При снижении сроков доставки сырья от карьера до предприятия возможно снижение материальных затрат и увеличение объёмов перевозимого груза.

Обеспечение безостановочной работы транспортного комплекса возможно при снижении времени на погрузочно-разгрузочные работы [14]. Для исключения простоев необходимо сформировать систему подачи техники к экскаватору через определённый интервал времени. Таким образом, снижение экономических потерь достигается за счёт оперативной работы "автосамосвал—экскаватор".

Возникновение простоев автосамосвалов в ожидании погрузки вызвано отсутствием сформированной системы, регулирующей интервал движения [15]. На простои транспортного комплекса влияет: структура парка машин; число транспортных средств; технические характеристики транспорта; очерёдность подачи самосвала к экскаватору; время подачи самосвала к экскаватору. В результате возникают простои либо самосвала, либо у экскаватора. Равномерная же загруженность техники исключает возможность задержек при въезде и выезде на погрузочные и разгрузочные площадки.

В связи с огромными объёмами транспортирования сырья многие предприятия только начинают внедрять в перевозочный процесс современные информационные системы. На многих предприятиях отсутствует налаженная взаимосвязь между объектами транспорта посредством коммуникаций. С увеличением объёмов производства горно-обогатительные комбинаты нуждаются в реконструкции производства. Для повышения эффективности всех стадий производства, в том числе транспортирования добываемых полезных ископаемых, необходимо построение системы управления транспортом с использованием информационных технологий [16]. Автоматизация процесса транспортирования предполагает активное использование оптоволоконных кабелей, средств радиосвязи, постоянно действующей сети Интернет, беспроводных средств связи.

В карьерах пока отсутствуют диспетчерские пункты, дежурные станции, осуществляющие контроль за процессом транспортирования. Наличие же таких станций, связанных компьютеризированными системами, позволит наблюдать за процессом перевозки сырья на каждом участке, а также внедрить идентификацию транспортных средств (сбор данных о местонахождении машин). Оно позволило бы во многом решить проблемы транспортирования. По всему карьеру необходим единый центр контроля, который будет отслеживать движение транспортных средств на каждом из участков в режиме реального времени [17].

Литература

1. Бачинский В.И. Использование элементов экономико-математического моделирования в управлении производственными затратами горно-обогатительных предприятий / Бачинский В.И., Кузминская Е.И. // Экономика и управление: анализ тенденций и перспектив развития. 2013. № 6. С. 197—201.
2. Копылова О.А. Кластеризация транспортно-логистических систем // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 4 (4). С. 73—81.
3. Ионин В.Г. Статистика: курс лекций / под ред. В.Г. Ионина — Москва: Ин-фра-М, 1998.
4. Vueykova O.N., Larin O.N. Voprosy povysheniya effektivnosti raboty karyernogo avtotransporta [Issues of increase in efficiency of open pit transport] // Vestnik OGU. 2011. No. 10 (129). P. 20—25.
5. Олизаренко В.В. Анализ логистической схемы горно-обогатительного предприятия при комбинированной разработке медно-колчеданных месторождений / В.В. Олизаренко, А.В. Красавин, Р.И. Абдрахманов, В.В. Гольцов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 4 (4). С. 88—94.
6. Макуха П.А. К вопросу о структуре логистической системы снабжения потребителей ископаемым сырьём / П.А. Макуха. С.Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 4 (4). С. 94—99.
7. Гавришев С.Е. Организационно-технологические методы повышения надёжности и эффективности работы карьеров: монография. — Магнитогорск: МГТУ, 2002. — 231 с.
8. Тариков Д.Ш. Анализ производственной деятельности горнодобывающего предприятия и разработка методики оптимизации транспортно-грузового комплекса / Д.Ш. Тариков, С.Н. Корни-

лов // Актуальные проблемы современной науки, техники и образования — Магнитогорск: Изд-во Магнитогорск. гос. техн. ун-та им. Г.И. Носова, 2012. — Т. 1. — С. 96—99.
9. Рахмангулов А.Н. Управление развитием горнодобывающего предприятия. Информационные модели и методы: монография / А.Н. Рахмангулов, С.Е. Гавришев, М.В. Грязнов [и др.]. — Магнитогорск: МГТУ, 2002. — 245 с.
10. Макуха П.А. Формирование показателей работы логистических элементов в логистической системе доставки полезного ископаемого потребителем / П.А. Макуха, С.Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 4 (4). С. 99—104.
11. Roney M. Maintaining technical leadership in today's business environment. Proc. 7th IHHA Conf. Brisbane, Australia, 2001. P. 1—2.
12. Kniaz O.V. "Analiz ta otsiniuvannia faktoriv, iaki vplyvaiut na riven innovatsiinoho rozvytku pidpryiemstv" [Analysis and evaluation of factors that affect the level of innovation of enterprises]. Ekonomika promyslovosti, no. 3 (2006).
13. Peregudov V.V., Gritsyna A.E., and Dragun B.T. "Obostrenie problem razvitiia zhelezorudnyh predpriyatiy v usloviyiah krizisa" [Growing problems of development of iron ore companies in crisis]. Visnyk KrTU, no. 25 (2010): 282—287.
14. Тариков Д.Ш. Методика оптимизации транспортно-грузового комплекса горно-обогатительных предприятий / Д.Ш. Тариков, С.Н. Корнилов // Современные проблемы транспортного комплекса России. 2013. № 4 (4). С. 81—88.
15. Harrison J., John S. Strategic Management of Organizations and Stareholders. Theory and Cases. West Publishing Co., 1994.
16. Секо Е.В. Перспективы строительства горно-металлургических предприятий / Е.В. Секо, Т.Ш. Урунов // Строительство уникальных зданий и сооружений. 2016. № 7 (46). С. 19—34.
17. Larin O.N., Vueykova O.N. // Faktorny analiz proizvoditelnosti karyernogo avtotransporta Sarbayskogo karyera [Factor analysis of Sarbaysky Open Pit transport performance] // Transport: nauka, tekhnika, upravlenie. 2011. No. 1. P. 29—32.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 621.744:620.196.2

ПОВЫШЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ЧУГУНОВ МЕТОДОМ МОДИФИЦИРОВАНИЯ

ШВЕЁВ И.А., канд. экон. наук **ШВЕЁВА Е.И.**
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского федерального университета
(shveeva_katya222@mail.ru) (8552.58-97-16)

Установлена наследственность графитовых включений в наплавленном слое от переплавляемых заготовок из спецчугуна. Показана возможность модифицирования структурного состоянием и качеством наплавленного слоя за счёт технологических параметров наплавки и термической обработки деталей. Предложены пути повышения износостойкости спецчугуна.

Ключевые слова: *толкатель клапана, износостойкость, наплавка, обработка, спецчугун.*

Shveyov I.A., Shveyova E.I.

INCREASE OF OPERATIONAL PROPERTIES OF CAST IRONS BY THE METHOD OF MODIFICATION

In this article it is installed heredity graphite inclusions in the deposited layer remelted billets from their spacegun. The possibility of modifying the structural state and quality of the deposited layer due to the technological parameters of surfacing and heat treatment of parts is shown. The ways of increasing the wear resistance of the special chugun are proposed.

Keywords: *valve tappet, wear resistance, surfacing, machining, special cast iron.*

Восстановление детали считается экономически целесообразным, если она выходит из строя вследствие естественного износа рабочих поверхностей при незначительной (не более 0,2...0,3 %) потере металла по массе. Например, 95 % деталей двигателей внутреннего сгорания выбраковывают при износах, не превышающих 0,3 мм, и большинство из них могут быть вторично использованы после восстановления.

Основная задача современного материаловедения — поиск новых литейных сплавов для работы в экстремальных условиях, для которых требуется сочетание высокой износо-, жаро- и коррозионной стойкости, например, в литых деталях топливосжигающих систем тепловых электростанций, оборудования металлургических, химических и машиностроительных предприятий [2]. В производстве специальных сталей и чугунов достигнуты значительные успехи, однако эти сплавы содержат много дорогих и дефицитных легирующих элементов, малотехнологичны как литейный материал и не всегда соответствуют требованиям по механическим и эксплуатационным характеристикам.

Среди автомобильных деталей, подверженных в процессе эксплуатации сильному износу, особое место занимают детали толкателя клапана газораспределительного механизма грузовых автомобилей. Поэтому исследования, направленные на восстановление деталей данной группы, чрезвычайно актуальны. Необходимо использовать такие методы, которые позволили бы полностью восстановить не только геометрические размеры детали, но и эксплуатационные свойства.

Основополагающим фактором стабилизации и достижения длительного ресурса деталей служит повышение качества поверхностного слоя, так как именно он во всех случаях оказывается наиболее нагруженным. В зависимости от вида и степени нагрузки, характера среды и т.д. для большинства изделий эффективны общепризнанные технологии упрочнения контактирующих поверхностей: нанесение покрытий, легирование, термическое и деформационное воздействия, а также их комбинации. В отдельных случаях несомненное преимущество имеет применение сплавов с повышенными специальными свойствами. К ключевым дета-

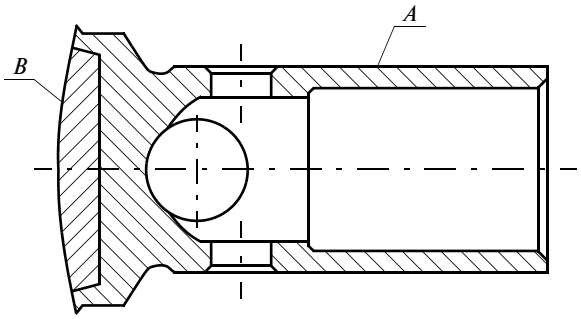


Рис. 1. Эскиз толкателя клапана:
А — сталь 35 "селект"; *В* — спецчугун

лям двигателя, определяющим его долговечность, относятся детали газораспределительного механизма, для изготовления которых используется широкий спектр материалов.

Надёжность и долговечность в эксплуатации пары "распредвал—толкатель" находится в прямой зависимости от работоспособности поверхности контакта кулачка распредвала с торцом толкателя клапана. Характерная особенность этой пары — случай контакта разнородных материалов, а именно стальной закалённой цементованной поверхности распредвала с чугуном толкателя. Особые требования предъявляют к контактирующей поверхности толкателя, представляющей собой наплавленный на стальную основу детали спецчугун (рис. 1).

Чугун (экономичный сплав с высокой жидкотекучестью, малой усадкой, уникальным сопротивлением циклическим нагрузкам), получаемый по энерго- и ресурсосберегающим технологиям, относится к числу постоянно востребованных материалов [1]. Его можно рассматривать как сложный по структуре естественный композит, свойства которого можно широко варьировать, изменяя количество, размеры, форму, расположение графитовых включений, структуру металлической матрицы и её морфологию, а также степень легированности фазовых составляющих. Изменяя химический состав расплава, условия затвердевания и охлаждения в твёрдом состоянии, можно коренным образом изменять эксплуатационные характеристики отливок, в том числе сочетание специальных свойств.

В настоящей работе поставлена задача: используя в качестве критериев выбора конкретной марки сплава условия работы детали и интенсивность изнашивания, получить чугун с минимальным комплексом легирующих элементов с учётом экономичности, необходимости механообработки, обеспечения прокаливаемости.

Эти требования включают твёрдость не менее 61 HRC и заданную структуру: ледебурит и участки мартенсита с остаточным аустенитом. Кроме того, допускается в небольшом количестве присутствие цементита и точечного, равномерно распределённого графита. Несмотря на то, что толкатели изготовлены и упрочнены в одинаковых условиях производства, имеют высокую твёрдость и заданное структурное состояние, в эксплуатации наблюдается дисперсия их стойкости: неравномерный износ, выкрашивание и т.д. (рис. 2). Стабильность отдельных элементов структурного состояния чугуна детали, таких как графитовые включения, достигается не всегда, и немаловажную роль в этом играет макро- и микростроение, наследуемое от литой заготовки, используемой для наплавки.

Торец толкателя клапана (см. рис. 1), работающего по кулачку распредвала, наплавляли спецчугуном следующего состава (% по массе): C — 3,1—3,4; S — 2,1—2,35; Mn — 0,8—1,0; Ni — 0,4—0,75; Mo — 0,4—0,60; S ≤ 0,1; P ≤ 0,2. Для наплавки использовали литую заготовку ∅10 × 48 мм и массой 27,0...28,5 г. Наплавку осуществляли на установке УНТ-1 с нагревом стальной части детали токами высокой частоты до 1100 °С, а литой заготовки из чугуна — до 1250 °С.

Охлаждение детали выполняли водой под давлением от 1,0 до 2,0 кгс/см^2, подаваемой во внутреннюю полость детали. После окончательной механической обработки детали подвергали оксидированию в увлажнённой азотной атмосфере шахтной печи США 8.12/6 при температуре 450 ± 5 °С в течение четырёх часов. Для химико-спектрального анализа сплавов использовали микрофотометр МФС-51 и анализаторы АН-7529 и АС 7232.

Методология макро- и микроисследований базировалась на применении стандартных методов контроля и испытаний с использованием поверенного и лицензированного оборудования. Контроль структуры до и после травления 4 %-м раствором пикриновой кислоты проводили на микроскопах "Неофот-2" и "Эпитип" при увеличениях 100 и 400*. Твёрдость замеряли по Роквеллу, а микротвёрдость отдельных структурных составляющих — на микротвёрдометре "Дюримет" (Германия). Содержание, вид и характер распределения графита и структуру наплавленного слоя на детали оценивали по ГОСТ 3443—87 [1; 2].

Макроанализ выполняли после травления наплавленных деталей при температуре 70...85 °С в течение 10 минут в 50 %-м водном растворе соляной кислоты. Выявление пор и трещин на готовых изделиях проводилось магнитно-порошковом методом на дефектоскопе модели DN200P.

Применяемый в настоящее время для наплавки спецчугун обладает хорошей износостойкостью, но долговечность этих деталей в эксплуатации лимитирует присутствие в сплаве нежелательных макро- и микродефектов. К таковым следует отнести скопле-

Рис. 2. Вид и характер износа поверхности толкателя клапана

Таблица 1

Способ охлаждения	Твёрдость, HRC		Микроструктура наплавленного слоя	
	стальной основы	наплавленного слоя	Основа	Состояние графита
Подача воды вовнутрь детали	45—47	59—60	Ц + Л + участки М и Аост.	Точечный и эвтектический
С дополнительным наружным охлаждением	45—50	61—62	Ц + Л + участки М и Аост.	Точечный, равномерно-распре-деленный

Примечание. Давление воды 1,2 атм., температура 17 °С.
Обозначения: Ц — цементит; Л — ледебурит; М — мартенсит; А — аустенит

ния графитовых включений, поры, трещины, наличие немартенситных продуктов превращения и остаточного аустенита. Несмотря на большой спектр исследований в области структурообразования и графитизации чугуна, несомненный интерес представляют вопросы, касающиеся наследственности структуры и свойств сплава после его переплава. Изучено влияние содержания кремния как одного из основных графитизирующих элементов на структуру металлической основы и состояния графитовых включений в наплавленном слое, сформированном с большой скоростью кристаллизации и последующего охлаждения переплавленного чугуна. Установлено, что изменение содержания кремния в чугуне с 0,98 до 2,2 % сохраняет высокую твёрдость наплавленного слоя (60...61 HRC), структура которого состоит из цементита, ледебурита, мартенсита, остаточного аустенита и включений графита. При пониженном содержании кремния (0,98 и 1,3 %) в сплаве наблюдается измельчение мартенсито-аустенитных участков и по данным рентгеноструктурного анализа количество остаточного аустенита составляет 3...5 %. Наряду с точечным равномерно распределённым графитом при повышенном содержании в чугуне кремния (2,2 %) дополнительно наблюдается и выделение эвтектического (в виде розеток) графита. Заметное влияние кремний оказывает на свойства структурных составляющих в наплавленном чугуне. Увеличение его содержания с 0,98 до 2,2 % способствует постоянному повышению микротвёрдости ледебурита, которая достигает значения 1080 HV. В отношении мартенсита выявлено, что максимальное значение микротвёрдости наблюдается при содержании в наплавленном слое 1,95 % кремния [1]. Изменение содержания этого элемента в сторону увеличения или уменьшения от указанного значения снижает микротвёрдость мартенсита.

Ключевое внимание уделено вопросам наследования наплавленным слоем формы и распределения графита от литых заготовок. Установлено, что температурный режим переплавки литых заготовок и выдержки металла в жидком состоянии оказывает заметное влияние на характер графитовых включений в наплавленном слое детали. Результаты металлографических исследований и длительный производственный опыт убеждают, что наблюдается связь между состоянием графита в заготовке и наплавленном слое детали и дают основания утверждать, что имеется реальная возможность управлять этим явлением путём изменения технологических параметров процесса наплавки. Присутствие пластинчатого и розеточного графита в заготовках не только снижает их твёрдость, но и сохраняет нежелательное состояние графита в наплавленном слое независимо от температуры и времени кипения чугуна в исследуемых пределах. Наличие точечного с включениями розеточного графита в белом чугуне способствует повышению твёрдости заготовок до 46...54 HRC и такое состояние графита сохраняется в наплавленном слое, если температура кипения чугуна составляет 1230 °С и ниже. Увеличение времени выдержки до 12 секунд сплава в жидком состоянии при температуре 1230 °С, как и увеличение температуры кипения чугуна до 1250 °С, благоприятствуют растворению скоплений графита и равномерному распределению точечных его выделений в структуре наплавки. Полученные результаты хорошо согласуются с мнением известных учёных [1, 2], указывающим, что одним из эффективных методов управления наследственностью является переплавка чугуна с последующим определённым перегревом.

Заметное влияние на свойство спецчугуна оказывает процесс охлаждения деталей после наплавки. Уменьшение давления подаваемой воды внутрь детали для охлаждения с 1,2 до 0,4 кгс/см^2 снижает микротвёрдость мартенсита до 504...530 HV при сохранении микротвёрдости ледебурита на уровне 1000...1100 HV. Одним из резервов повышения микротвёрдости мартенситной составляющей до 700...725 HV, увеличения

Таблица 2

Параметры оксидирования		Толщина *оксидированного слоя (сталь/чугун), мкм	Величина износа**, мкм
400	1,2	5/4	10,5
	1,4	5/4	10,5
450	0,5	4/2	17,5
	1,0	5/4	11,0
	1,2	5/4	11,5
	1,4	6/5	10,0
	2,0	7/5	19,5 (отслаивание)
500	1,0	6/4	12,5
	1,2	6/4	13,0
	1,4	7/5	10,0

* — оксидный слой получен при 150-минутной выдержке.
** — величина износа определена после 53-часового испытания на стенде.

твёрдости стальной основы 47...50 HRC и наплавленного слоя до 61...62 HRC, а также уменьшения глубины залегания пор является введение дополнительного наружного охлаждения под тарелку детали после её наплавки (табл. 1 и табл. 2). Кроме этого эффекта в результате ускоренного охлаждения наблюдается направленная кристаллизация сплава по всему объёму наплавленного слоя и создаются положительные условия для стабильного формирования точечного равномерного распределённого графита в наплавке [2].

Дополнительным условием повышения износостойкости деталей может служить повышение противозадирных свойств рабочей поверхности, которые достигаются в результате термического оксидирования. Особого внимания заслуживает технология оксидирования толкателей клапана, которая позволила существенно повысить износостойкость деталей (табл. 2).

Технология предусматривает очистку и обезжиривание деталей в горячем (70...80 °С) растворе моющего средства марки КМ-1, просушивания, нагрев до 300 °С в защитной атмосфере на основе азота, далее прекращают подачу азота и нагревают до 450 °С в увлажнённой атмосфере, создаваемой за счёт введения в печь воды в количестве 1,0...1,4 л/час в расчёте на 1 м^3 рабочего пространства, выдерживают в течение четырёх часов, а далее охлаждают до 180...200 °С в этой среде, а затем на воздухе.

Таким образом, установлена возможность модифицирования структурного состояния наплавленного слоя за счёт технологических параметров наплавки спецчугуна и термической обработки деталей. Чистота поверхности заготовок и скорость охлаждения деталей после наплавки оказывают непосредственное влияние на образование пор и глубину их залегания в наплавленном слое. Дополнительное повышение износостойкости наплавленного слоя достигается за счёт термического оксидирования деталей.

Литература

1. Гиршович Н.Г. Кристаллизация и свойства чугуна в отливках / Гиршович Н.Г. — М.: Машиностроение, 1966. — С. 368.
2. Кушнирский А.С. Влияние наследственности, формы графита исходных материалов, субмикроскопических включений и характера шлаков на структуру и механические свойства чугунного литья / А.С. Кушнирский // Литейное дело, 1976. — № 2. — С. 13—18.

ИНФОРМАЦИЯ

УДК 377.5:05.22.10

ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ ПРАКТИК СТУДЕНТОВ АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЛЕДЖА В СООТВЕТСТВИИ СО СТАНДАРТАМИ "WORLDSKILLS"

ДУБОВИК Е.А.
Донской ГТУ (863. 273-85-11)

Рассматриваются сущность дуального обучения, особенности организации производственных практик в системе дуального обучения; показывается целесообразность применения стандартов "ВорлдСкиллс" для оценки качества подготовки выпускников автомобильных колледжей при проведении демонстрационного экзамена.

Ключевые слова: *среднее профессиональное образование, дуальное обучение, автомобильный колледж, стандарты "ВорлдСкиллс".*

Dubovik E.A.

ORGANIZATION OF PRODUCTION PRACTICES STUDENTS CAR COLLEGE IN ACCORDANCE WITH WORLDSKILLS STANDARDS

The essence of the dual training, peculiarities of organization of production practices in the system do the detailed learning; shows the feasibility of application of the WorldSkills standards for the evaluation of the quality of training of graduates of automotive colleges in the demonstration exam.

Keywords: *secondary vocational education, dual training, automobile college, WorldSkills standards.*

Проблема модернизации системы профессионального образования обусловлена развитием рынков труда и рабочей силы, выдвигающих новые требования к качеству подготовки высококвалифицированных, профессионально мобильных и конкурентоспособных специалистов. Среднее профессиональное образование представляет собой важную составляющую системы профессионального образования, обеспечивая производство и сферу обслуживания специалистами среднего звена и рабочими кадрами. К сожалению, за последние 20 лет процент лиц со средним профессиональным образованием сократился с 28,4 до 23,1 (на 5,3 %) [1]. Особенно неблагоприятная ситуация складывается с техническими специальностями, подготовка по которым осуществляется в том числе в автомобильных колледжах. По данным опроса работодателей, "около 55 % автотранспортных предприятий нашей страны испытывают проблемы с кадровым обеспечением техниками по специальности "Техническое обслуживание и ремонт автомобильного транспорта", а также недостаточным уровнем квалификации специалистов, работающих на этих предприятиях" [2].

Одно из актуальных направлений совершенствования современного профессионального образования — развитие системы дуального обучения, успешно зарекомендовавшей себя в странах Западной Европы, например в Германии, где не менее 60 % учебного вре-

мени отведено на практические занятия в лабораториях колледжа, а также производственную практику в цехах предприятия, и только 40 % учебного времени — на теорию [3]. Организованное таким образом обучение обеспечивает планомерное, постепенное погружение студентов в профессиональную деятельность в процессе производственных практик непосредственно на предприятии, на реальных рабочих местах.

Если обратиться к истории развития профессионального образования в нашей стране [4], то можно отчётливо увидеть в нём признаки дуального обучения. В советский период сотрудничество образовательных организаций с производственными предприятиями, развитие системы наставничества на производстве были закреплены законодательно. Так, в ст. 64 Закона РСФСР "О народном образовании" 1974 г. записано: "Предприятия, учреждения и организации создают необходимые условия и учебно-производственную базу для проведения профессионального обучения рабочих на производстве и осуществляют контроль над их обучением" [5]. Утраченные в постсоветский период положительные традиции дуального обучения в настоящее время активно возрождаются.

Важной особенностью дуального обучения, определяющей его ценность, стало разделение ответственности за качество подготовки студентов между образовательной организацией и предприятием-работодателем, причём ответственность за практическое обучение возлагается на работодателя. Интеграция колледжей и предприятий в единый учебно-производственный кластер требует сложной, кропотливой работы по согласованию нормативной базы взаимодействия образовательных организаций и работодателей, распределению полномочий, разработке содержательных, технологических, организационных аспектов образовательного процесса и их постоянному совершенствованию, обусловленному инновационными процессами в современном производстве и сфере обслуживания. К сожалению, пока не разработан профессиональный стандарт специалиста по техническому обслуживанию и ремонту автомобильного транспорта, в котором были бы чётко сформулированы требования к компетенциям специалистов со стороны работодателей.

Структура Федерального государственного стандарта среднего профессионального образования (ФГОС СПО), разработанного в компетентностном формате, включает в себя наряду с учебными дисциплинами профессиональные модули, состоящие из нескольких междисциплинарных курсов. По окончании их изучения студенты проходят производственные практики на автотранспортных предприятиях и сдают квалификационные экзамены. Образовательный процесс, организованный таким образом, позволяет моделировать будущую профессиональную деятельность выпускников колледжа, трансформируя учебную деятельность в учебно-профессиональную [6]. Так, к примеру, студенты московского Колледжа автомобильного транспорта № 9 на производственных практиках изучают особенности организации и планирования производственных и технологических процессов на автотранспортных предприятиях; знакомятся с правами и обязанностями специалистов и выполняют конкретные профессиональные функции по эксплуатации, техническому обслуживанию, ремонту автомобильного транспорта, транспортной логистике и др.; изучают системы обеспечения качества на автотранспортном предприятии, вопросы обеспечения безопасности жизнедеятельности; выполняют индивидуальные задания и др. Принимают квалификационные экзамены представители автотранспортных предприятий вместе с преподавателями колледжа. В идеале, в системе дуального обучения на данном этапе участие преподавателей колледжа не предусматривается.

Активизировавшиеся в последние годы тенденции к интеграции в мировое образовательное пространство проявились во внедрении в отечественную систему профессионального образования стандартов *"WorldSkills International"* — международного некоммерческого движения, охватывающего более 70 стран, целью которого является повышение престижа рабочих профессий (от традиционных ремёсел до многопрофильных профессий) и развитие навыков мастерства. Деятельность движения "направлена на обеспечение экспертной оценки, разработку и формирование высочайшего уровня мировых профессиональных стандартов рабочих специальностей в промышленности и секторе обслуживания, на популяризацию рабочих профессий, повышение статуса и стандартов профессиональной подготовки" [7]. Россия является его членом с 2012 г.

Чемпионаты "ВорлдСкиллс" организуются в формате открытых конкурсных площадок, тем самым открывая широкий простор для организации профориентационной работы. Школьники, их родители, представители общественности могут наблюдать реализацию профессионального потенциала участников в режиме реального времени, получить представление о выполняемых работах, условиях труда, используемом на производстве оборудовании. Приходит понимание того, что получить профессиональное образование — значит гарантировать собственную занятость и трудоустройство [8].

Перед началом соревнований все участники получают необходимую информацию, описание компетенций и критериев их оценки, правил соревнования, знакомятся с документацией по технике безопасности и с описанием типовых тестовых заданий с указанием критериев их оценки. В течение 8 часов участники соревнований готовят рабочие места, проверяют оборудование, инструменты и материалы. Тестовые задания участники получают непосредственно перед началом соревнований. На выполнение тестового задания отводится от 15 до 22 часов рабочего времени в период не более 4 дней. Качество выполнения тестовых заданий оценивает жюри по критериям и подкритериям, приведённым в техническом описании. Все баллы и оценки регистрируются в информационной системе соревнований (*CIS*). Каждый эксперт присуждает от 1 до 10 очков за каждый аспект подкритерия. Разница в очках не должна превышать 4 очков. Очки заносятся

в *CIS*, где удаляются самая низкая и самая высокая оценки. Среднее число оставшихся трёх очков делится на 10 и умножается на максимальный балл, что в итоге даёт присуждаемую оценку. По результатам оценки присуждается золотая, серебряная и бронзовая медали [9].

По стандартам "WorldSkills Russia" регулярно проходит Открытый чемпионат профессионального мастерства "Московские мастера" в целях улучшения качества профессионального образования, повышения престижа высококвалифицированного труда работников массовых профессий, профессиональной ориентации молодёжи, внедрения эффективных международных практик в работу образовательных организаций.

В рамках реализации программы по компетенции "Ремонт и обслуживание легковых автомобилей" на базе Колледжа автомобильного транспорта № 9 в январе 2017 г. прошла пилотная апробация демонстрационного экзамена, на котором оценивался уровень знаний, умений и навыков, позволяющих выпускникам колледжа вести профессиональную деятельность по специальности в соответствии со стандартами "WorldSkills Russia". В ходе экзамена студенты продемонстрировали своё мастерство по поиску и устранению неисправностей отечественных автомобилей и автомобилей иностранного производства по модулям "Управление двигателем", "Система рулевого управления, подвеска, тормозная система", "Электрические системы", "Коробка передач", "Механика двигателя". В демонстрационном экзамене кроме студентов ГБПОУ КАТ № 9 приняли участие выпускники ГБПОУ "Колледж градостроительства, транспорта и технологий № 41" и ГБПОУ "Политехнический техникум № 47 имени В.Г. Фёдорова" [10].

В конкурсные материалы включаются практико-ориентированные задания, качество выполнения которых позволяет оценить уровень сформированности у студента конкретной компетенции. Для максимально объективной оценки результатов конкурса должны применяться чёткие, развёрнутые, измеряемые критерии.

Сравнительный анализ показал, что стандарты "WorldSkills" предъявляют более высокие требования к квалификациям выпускников, чем профессиональные компетенции, изложенные в ФГОС СПО. Как эксперт по компетенции "Ремонт и обслуживание легковых автомобилей", автор выражает надежду, что разрабатываемый Профессиональный стандарт по техническому обслуживанию и ремонту автомобильного транспорта будет в большей мере соответствовать международным требованиям.

Таким образом, развитие системы дуального обучения в среднем профессиональном образовании имеет огромные перспективы и открывает широкие возможности для реализации компетентностного подхода путём интеграции колледжей с предприятиями-работодателями, на базе которых студенты проходят производственные практики, в виде учебно-производственных кластеров. Применение этих стандартов не должно замыкаться только лишь на организации конкурсов профессионального мастерства и стремлении завоевать призовые места (по аналогии, уровень подготовки олимпийской сборной — далеко не показатель уровня развития спорта в стране). Важно спроецировать требования к качеству подготовки специалистов на весь образовательный процесс, кардинально изменив его содержание и технологию. В первую очередь, в таких преобразованиях нуждается организация производственных практик как ключевое звено системы дуального обучения. Как следствие, необходимо соответствующее материально-техническое оснащение для проведения производственных практик и демонстрационных экзаменов, определение роли и места демонстрационного экзамена в структуре итоговой государственной аттестации выпускников колледжа, а также профессионально-педагогическая подготовка сотрудников предприятия-работодателя, способных качественно организовать обучение студентов в процессе производственных практик с использованием эффективных инновационных образовательных технологий.

ЛИТЕРАТУРА

1. Шадриков В.Д. Качество образования: чего мы хотим? // Аккредитация в образовании. — 2013. — № 1 (61). — С. 12—15.
2. Дорожкин Е.М., Жигадло А.П., Копылов С.Н., Тарасюк О.В. Проектирование научно-методического обеспечения общепрофессиональных дисциплин при подготовке будущих техников по техническому обслуживанию и ремонту автомобильного транспорта // Вестник Сибирской государственной автомобильно-дорожной академии. — 2014. — № 2 (36). — С. 157—163.
3. Коровина Э.Б. Практико-ориентированная целевая подготовка кадров для высокотехнологичных производств на основе дуальной модели профессионального образования // Социально-профессиональная мобильность в XXI веке: сб. материалов 2-й Всерос. конф.; под ред. Е.М. Дорожкина, В.А. Копнова. — 2015. — С. 65—69.
4. Леднев В.С., Кубрушко П.Ф. Методика профессионального обучения: производственное обучение: учебно-практ. пособие. — М.: МГУП, 2001. — 100 с.
5. Клименко Т.К. К вопросу о дуальном образовании // Ученые записки Забайкальского государственного университета. Серия: Педагогические науки. — 2016. — Т. 11. — № 2. — С. 32—36.
6. Лопанова Е.Н., Назарова Л.И. Моделирование учебно-профессиональной деятельности студентов политехнического колледжа // Вестник Федерального государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования Московский государственный агроинженерный университет им. В.П. Горячкина. — 2009. — № 6. — С. 47—51.
7. Алексеева Е.А. Движение WorldSkills Russia: история, проблемы и перспективы // Научный альманах. — 2016. — № 5-2 (19). — С. 21—28.
8. Ангеловская С.К. Инновационный потенциал чемпионата профессиональных компетенций WorldSkills // Инновационное развитие профессионального образования. — 2014. — № 2 (6). — С. 61—64.
9. Золотарева Н.М. Присоединение России к WorldSkills International // Профессиональное образование в России и за рубежом. — 2013. — № 2 (10). — С. 19—23.
10. Официальный сайт Государственного бюджетного профессионального образовательного учреждения г. Москвы "Колледж автомобильного транспорта № 9" [Электронный ресурс]. — Режим доступа: http://kat-9.mskobr.ru/novosti/provedenie_demonstracionnogo_e_kzamena_po_standartam_worldskills_russia/

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Козловский В.Н., Айдаров Д.В., Васильев М.М., Шанин С.А. — Корпоративная служба мониторинга качества автомобилей в эксплуатации как ключевой элемент развития системы менеджмента качества автосборочного предприятия 1

АСМ-факты 5

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Петрушов В.А. — Будущее электромобиля 6

Фиронов А.М., Хортов В.П., Зуев С.М. — О выборе концепции разработки перспективных приводных установок наземных транспортных средств 13

Гладов Г.И., Евсеев К.Б. — Влияние отрыва колёс и пробоя подвески на плавность хода автомобиля 20

Балабин И.В., Чабунин И.С., Лямин М.С. — Прогнозирование эпюры силового взаимодействия бескамерной шины и обода с 15-градусными посадочными полками и определение его НДС 23

ЭКСПЛУАТАЦИЯ. ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Кулько А.П., Кулько П.А. — Метод определения расхода топлива автономными подогревателями в условиях эксплуатации автобусов 26

Норматов М.К., Лебедев А.Е., Ватагин А.А. — Для повышения надёжности водяных насосов системы охлаждения 28

Семыкина А.С., Загородний Н.А. — Совершенствование транспортной системы горно-обогатительных комбинатов 31

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Швеёв И.А., Швеёва Е.И. — Повышение эксплуатационных свойств чугунов методом модифицирования 34

ИНФОРМАЦИЯ

Дубовик Е.А. — Организация производственных практик студентов автомобильного колледжа в соответствии со стандартами "WorldSkills" 37

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Балабин И.В. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана*
Бахмутов С.В. — *д-р техн. наук, зам. директора по научной работе ГНЦ "НАМИ"*
Гируцкий О.И. — *д-р техн. наук, профессор, зам. председателя Экспертного совета НАМИ*
Гладков В.И. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора по научной работе ОАО "НИИТавтопром"*
Ковригин А.С. — *зам. генерального директора ОАО "АСМ-холдинг"*
Комаров В.В. — *канд. техн. наук, зам. генерального директора ОАО "НИИАТ" по научной работе*
Коровкин И.А. — *канд. экон. наук, исполнительный директор НП "ОАР"*
Котиев Г.О. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ имени Н.Э. Баумана*
Круглов С.М. — *зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"*
Ксеневич 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-Мкртичьян Г.Г. — *д-р техн. наук, ГНЦ "НАМИ"*
Титков А.И. — *канд. техн. наук, эксперт аналитического центра ОАО "АСМ-холдинг"*
Топалиди В.А. — *канд. техн. наук, ТАДИ*
Филимонов В.Н. — *ответственный секретарь "АП"*

Белорусский редакционный совет:

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

Информационный партнёр АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 09.04.2019. Подписано в печать 22.05.2019.
Формат 60×88 1/8. Усл. печ. л. 4,9. Бумага офсетная.
Отпечатано в ООО "Канцлер".
150008, г. Ярославль, ул. Клубная, д. 4, кв. 49.
Оригинал-макет: ООО "Адвансед 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.