ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва "Машиностроение"

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

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 1 • январь • 2016

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 330.322.16

ФИНАНСИРОВАНИЕ ИНФРАСТРУКТУРНЫХ ПРОЕКТОВ ЗА СЧЕТ СОЗДАВАЕМОЙ ИМИ НАЛОГОВОЙ БАЗЫ

С.В. МАЙОРОВ
Агентство по привлечению инвестиций, г. Набережные Челны
(8552. 53-07-07)

Рассматривается опыт зарубежных стран по реализации крупных инвестиционных проектов, связанных с развитием местной инфраструктуры, за счет использования механизма финансирования за счет прироста налогов (Tax Increment Financing — TIF).

Ключевые слова: *финансирование, инвестиции, инфраструктура, бюджетные поступления.*

Mayorov S.V.
FINANCING OF INFRASTRUCTURE PROJECTS DUE TO THE TAX BASE POSED

The experience of foreign countries for the implementation of major investment projects related to the development of local infrastructure, through the use of the mechanism of Tax Increment Financing (TIF) is discussed.

Keywords: *financing, investment, infrastructure, budgetary revenues.*

Одним из перспективных механизмов финансирования инвестиционных проектов, для реализации которых привлекаются средства частных инвесторов, является механизм, который называют финансирование за счет прироста налогов (Tax Increment Financing — TIF). Его суть, если коротко, сводится к следующему: региональные или муниципальные власти возвращают инвестору средства, вложенные им в реализацию инфраструктурного проекта. Причем такой возврат осуществляется за счет бюджетных поступлений, полученных от прироста налогов, который дает реализация профинансированного инвестором проекта.

Этот метод впервые появился в 1950-е годы в штате Калифорния (США) и был разработан по совершенно конкретному обстоятельству: муниципальные органы управления штата искали средства для финансирования реконструкции загрязненных городских зон. (И нашли, и узаконили этот проект, поскольку он, как выяснилось, позволяет местным властям инвестировать в инфраструктуру, не опасаясь, что эти средства будут потрачены впустую.)

Но особо широкое распространение метод TIF получил в 1970-е годы, когда региональные и местные власти столкнулись с заметным снижением федерального финансирования проектов реконструкции и развития территорий [1], а также ужесточением ограничений на выпуск облигаций и сдвигом градостроительной политики в сторону ответственности местного самоуправления. И теперь финансирование за счет прироста налогов — повсеместно применяемый в США инструмент финансирования инвестиционных проектов. При этом используется не только тот эффект увеличения налоговых платежей, который связан с инфраструктурными проектами, но и с проектами, целью которых в основном является увеличение стоимости строений или земли, т.е. недвижимости: имущественные налоги, поступающие в территориальные бюджеты, здесь растут.

Первой отличительной чертой применения метода TIF не только в США, но и во многих других странах, является определение территории, на которой необходимо и осуществляется развитие (зоны TIF). В такой зоне должно осуществляться всестороннее развитие территории, строительство или реконструкция существующей инфраструктуры, возрождение заброшенных производственных объектов, создание и поддержка занятости, развитие промышленности и рынка услуг, а также иная деятельность, направленная на развитие региона. Вторая особенность — создание специальных организаций, которые управляют зоной TIF, а также фондов (бюджетов), которые позволяют накапливать суммы дополнительных налоговых поступлений, полученных в результате реализации проектов, финансировать новые проекты и учитывать налоговые поступления с развиваемой территории [2].

Схема, реализуемая при использовании этого метода, предполагает перераспределение части роста налогов (в основном, как уже упоминалось, налогов на недвижимость) из регионального или местного бюджета в бюджет зоны TIF. При этом публичный орган, инициирующий метод TIF, нередко выпускает облигации для получения средств, необходимых для значительных первоначальных вложений.

За счет реализации каждого проекта TIF в бюджеты поступают дополнительные налоговые доходы. Но они, как правило, появляются с некоторым временным

лагом (запозданием). Это запаздывание составляет два года. Поэтому затраты частного инвестора по проекту возмещаются тоже не сразу, что, в общем-то, дисциплинирует инвесторов: за безнадежный проект просто никто не возьмется. Но главное, метод выгоден властям: по окончании проекта (а это ~20 лет) дополнительные налоговые доходы остаются в распоряжении бюджетов.

Как видим, метод финансирования за счет прироста налогов — довольно интересный, в том числе и с точки зрения коррупционных лазеек. Поэтому есть смысл применить его и для развития государственно-частного партнерства в России. Например, оплачивать затраты инвесторов на создание инфраструктуры за счет налогов в бюджеты всех уровней, поступающих от реализации инвестиционного проекта после окончания строительства и ввода объектов инфраструктуры в эксплуатацию. И Минэкономразвития РФ признало разумным это предложение, разработав соответствующие поправки в законодательство. Правда, эти поправки сначала не предусматривали создание ни зон TIF, ни организаций, которые должны управлять такими зонами, ни бюджетов, в которые будут поступать средства, полученные от роста налогов на территории. Предполагалось, что финансирование проектов с использованием этого механизма должно осуществляться за счет средств Инвестфонда РФ, затраты которого будут рассчитываться с учетом налоговых поступлений в федеральный бюджет. Причем будущие налоговые поступления региональных и местных бюджетов также могли учитываться при планировании затрат фонда. Применять же механизм TIF планировалось в два этапа. Первый из них — структурирование проекта и отбор инвестора, реализующего инфраструктурный проект, с использованием механизма концессии, а второй — заключение инвестиционного соглашения между Министерством регионального развития РФ (упразднено 8 сентября 2014 г.) и участниками проекта, в котором предусмотрены обязательства по реализации как промышленного, так и инфраструктурного проектов. При этом Внешэкономбанк должен был разрабатывать методику отчисления налоговых поступлений от проектов TIF в Инвестиционный фонд, а также мониторить налоговые поступления [3].

Однако против реализации этого нового для России механизма выступило Министерство финансов РФ. В качестве причин, по которым полноценно модель TIF в России пока заработать не может, его специалисты назвали следующие четыре: из-за риска переплаты субсидия инвесторам возможна только в размере, не превышающем сумму фактически уплаченных ими в предыдущем периоде налогов; отсутствие учета налогов, поступающих от отдельного инвестпроекта, т.е. доходная часть бюджета "не различает" налоги по инвестпроектам, от реализации которых они поступили; возможные проблемы с налоговым планированием; в составе налоговых платежей по TIF нельзя учитывать косвенные налоги — НДС и акцизы, так как по НДС действует механизм налогового вычета, а за счет акцизов формируются бюджеты дорожных фондов [4].

Таким образом, введение механизма TIF было фактически отклонено по чисто техническим причинам, а не вследствие признания его не эффективным или не подходящим для российской экономики. И это, по мнению автора, ошибка. В рамках TIF государство рассчитывается с частным бизнесом за созданные им готовые объекты. Причем рассчитывается в рассрочку за счет доходов от роста экономической активности на территории, свободной от инфраструктурных ограничений. Что доказывает наш опыт: эта модель по факту была успешно опробована при создании автомобильного кластера в Калуге [5].

Но наиболее перспективной сферой ее применения являются проекты комплексного развития территорий, предполагающие координацию развития инфраструктуры и новых производственных проектов, в том числе на Дальнем Востоке, Северном Кавказе, Сибири, — как перспективных точек роста российской экономики. Гарантом возврата инвестиций частного инвестора в инфраструктурную составляющую таких проектов мог бы стать (при внесении соответствующих изменений в законодательство) Инвестиционный фонд России.

Конечно, метод TIF — механизм, безусловно, перспективный. Однако его внедрение требует крайней осторожности и от региональных властей, и от инвесторов. При этом необходима детальная экономическая проработка проекта, юридический анализ рисков, точная оценка того, каким будет вклад кластера — зоны реализации TIF — в развитие экономики территории; как будут рассчитываться расходы инвесторов; каким будет механизм компенсации расходов инвесторов, если роста экономики или прироста налогов не произойдет или реализация проекта пойдет не по плану; как определить дополнительные налоговые платежи в территориальные бюджеты от различных инвесторов вследствие реализации проектов [6]. Но все эти вопросы — задача разрешимая. Тем более что наработки по этой теме уже есть [7]. Главное здесь — понять, что введение TIF позволит регионам и муниципалитетам строить инфраструктурные объекты (промышленные площадки, бизнес-инкубаторы, зоны развития) с помощью частных инвестиций и последующего возмещения расходов инвесторов за счет роста поступления налогов, а также то, что дополнительное поступление налогов связано не с увеличением налоговой нагрузки, а исключительно с ростом налоговой базы.

Литература

1. Шарипова Е. Финансирование публичных инвестиционных проектов за счет роста местных налоговых доходов / Е. Шарипова // Внешэкономбанк. Центр ГЧП. М. 2012. 15 с. Режим доступа: http://www.pppinrussia.ru/userfiles/upload/files/artikles/TIF.pdf.
2. Гришина А. Оплатят налогами / А. Гришина // "Российская Бизнес-газета" — Государственно-частное партнерство. 2013. № 895 (17). Режим доступа: http://www.rg.ru/2013/05/07/shema.html.
3. Кособокова Т. Правительство придумало, как найти деньги на дороги / Т. Кособокова // РБК. 2012. Режим доступа: http://rbcdaily.ru/politics/562949985342429.
4. Синяева. Ю. Минфин раскритиковал введение в России налоговых кредитов / Ю. Синяева // РБК. 2013. Режим доступа: http://rbcdaily.ru/economy/562949989394446.
5. Баженов А. Альтернативный механизм / А. Баженов // "Российская газета" — Экономика "Инфраструктурные проекты". 2012. № 5894 (221) Режим доступа: http://www.rg.ru/2012/09/26/veb.html.
6. Вылегжанина У. Отложенный платеж / У. Вылегжанина // "Российская газета" — Экономика Северо-Запада. 2013. № 6201 (225). Режим доступа: http://www.rg.ru/2013/10/08/reg-szfo/klaster.html.
7. Зиятдинов А.Ф. Различия в налогообложении организаций и индивидуальных предпринимателей / А.Ф. Зиятдинов // Финансовая аналитика: проблемы и решения / Научно-практический и информационно-аналитический сборник. М.: Издательский дом "Финансы и кредит". 2012. № 3(93). С. 6...10.

АСМ-факты

В последнее время ведущие вузы страны ведут работу по подготовке будущих специалистов уже с ранних лет, активно приглашая школьников на форумы, выставки и конкурсы, проходящие в стенах институтов. Одним из таких мероприятий стал конкурс "Юный автолюбитель" в МАДИ. За последние годы он смог превратиться в знаковое мероприятие, собирающее большое число учащихся московских школ, увлеченных автомобилями и планирующих связать свое дальнейшее обучение именно с автомобильным транспортом.

Конкурс был проведен при поддержке Центра технологической поддержки МАДИ, факультета "Автомобильный транспорт" и кафедры "Эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса". В организации конкурса приняли участие декан факультета довузовской подготовки А.Н. Соловьев, декан факультета "Автомобильный транспорт" Л.Л. Зиманов, заведующий кафедрой "Эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса" А.Н. Ременцов, а также преподаватели и сотрудники кафедры "Эксплуатации автомобильного транспорта и автосервиса".

На первом этапе конкурса проверялись теоретические знания. Вопросы были специально подобраны так, чтобы только действительно увлеченные автомобилями школьники могли доказать свое право на дальнейшее участие в конкурсе.

Практические этапы конкурса проходили уже в контакте с техникой в лаборатории технического обслуживания и ремонта автомобилей МАДИ. Всех участников разделили на несколько групп. Школьникам необходимо было пройти семь контрольных точек: мототехника, тормозная система автомобиля, ГСМ, автоспорт, ДВС, шины и альтернативные топлива. Например, на стенде тормозных систем была представлена ось реального автомобиля. На стенде ГСМ — различные виды топлива, в том числе авиационный бензин. Его слили из топливного бака обычного автомобиля! Представляете, как он летал? Стенд автоспорта украшал действующий гоночный болид чемпионата "Шелл эко". А на этапе ДВС представили современный двигатель. На каждом из этапов преподаватель сначала доносил до ребят интересную и познавательную информацию о своем предмете. Просто, понятным языком и без специальной терминологии — именно так, чтобы школьникам стали понятны базовые принципы той или иной темы. Естественно, обязательно на каждом этапе разрешалось все потрогать и внимательно рассмотреть, иначе полноценно полученные знания усвоить не получится. После теории, как и положено, — тестирование. За правильный ответ ребята получали по шайбе. Эти шайбы были важным элементом оценки результата — по их количеству после выполненных заданий отбирались учащиеся, проходящие на следующие этапы конкурса.

Третьим этапом конкурса стало соревнование на скоростную закрутку гаек. Школьники должны были подобрать соединение "болт—гайка", на глаз различая диаметр и шаг резьбы, а после соединить их. Участники быстро справились с поставленной задачей, а судьям оставалось только выбрать лучших восемь человек, вышедших в полуфинал соревнований. Пожалуй, именно эта задача стала самой сложной для участников — накачка колес у квадроцикла. Участники должны были за две минуты вкрутить золотник и накачать колесо до максимально возможного давления. Не все участники смогли правильно

установить золотниковое устройство в камеру и добиться достойного результата.

Наконец, финал. Все участники и зрители собрались возле болида "Формула—Студент", переделанного в симулятор гоночных игр. Вместо монитора — огромный проектор, а вместо клавиатуры — реальный кокпит настоящей гоночной машины. Все здесь как в реальном состязании: прогревочный круг, а потом зачетная попытка. Увереннее всего за рулем чувствовал себя Айдар Хакимов. Его время круга оказалось лучше времени Дениса Шитова. Соответственно, призовые места распределились следующим образом: 1 — Айдар Хакимов (школа № 185), 2 — Денис Шитов (лицей № 1550) и 3 — Илья Пашаев (школа № 1494).

Каждый из финалистов получил достойные призы от партнера конкурса компании "Мотул". А все участники, а также преподаватели и родители — положительные эмоции, хорошее настроение и желание снова встретиться на этой площадке через год.

А.А. Хазиев, И. Малин

УДК 621.8.032.2-562

ГИБРИДНЫЕ АВТОМОБИЛИ. ПУТИ ПОВЫШЕНИЯ ИХ ЭНЕРГЕТИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ

Кандидаты технических наук **Д.А. ЗАГАРИН**, **В.И. САЛЬНИКОВ**, **А.В. ШАБАНОВ**, **В.В. ЛОМАКИН**, **А.А. ШАБАНОВ**
Центр испытаний НАМИ,
Университет машиностроения (МАМИ) (495. 223-05-23)

На примере гибридного автомобиля "Тойота Приус" рассмотрены конструктивные особенности этого АТС нового типа, а также проблемы, с которыми сталкиваются зарубежные и отечественные производители.

Ключевые слова: *автомобили с электроприводом, энергоэффективность, тенденции развития.*

Zagarin D.A., Salnikov V.I., Shabanov A.V., Lomakin V.V., Shabanov A.A.

HYBRID CARS. WAYS TO INCREASE THEIR ENERGY EFFICIENCY

On example hybrid electric vehicle Toyota Prius of design features of a hybrid Toyota Prius and problems that foreign and domestic manufacturers is considered.

Keywords: *electro motor drive vehicles, energy efficiency, development tendencies.*

По данным специалистов, автомобильный транспорт потребляет более половины всех топливно-энергетических ресурсов нефтяного происхождения. И тенденция роста энергопотребления сохраняется, что отрицательно влияет на состояние экологической обстановки, особенно в мегаполисах. Поэтому перед разработчиками новых АТС ставятся две основные задачи — повышение топливной экономичности (энергоэффективности) этих АТС, снижение выбросов углекислого газа и других вредных веществ с отработавшими газами [1].

Способами решения этих задач стали создание и применение комбинированных (гибридных) энергоустановок, а также АТС с электроприводом. Причем в последние годы наибольшее распространение получил первый из этих способов: почти все ведущие автомобильные компании освоили производство гибридных автомобилей и представили их на мировой рынок.

Однако анализ имеющейся в литературе информации говорит о том, что в настоящее время единого подхода к выбору принципиальной схемы силовой установки гибридных АТС и алгоритма ее работы нет. Об этом свидетельствует многообразие применяемых конструкторских решений и, как следствие, — различные результаты топливной экономичности разработанных образцов [2].

Чтобы устранить этот пробел, специалисты Центра испытаний НАМИ провели испытания зарубежных и отечественных гибридных автомобилей различных категорий [3, 4], что позволило проанализировать основные схемы, а также принципы работы комбинированных силовых установок, выявить достоинства и недостатки и на этой основе разработать рекомендации по выбору правильных решений. При этом большой объем испытаний, которому подверглась силовая установка автомобиля "Тойота Приус", работающая по последовательно-параллельной схеме — схеме, которую в технической литературе называют полным гибридом (Full Hybrid), показал, что при данной схеме решается проблема оптимизации энергоустановки, поскольку она позволяет использовать достоинства параллельной и последовательной схем.

Так, при использовании параллельной схемы (рис. 1) ДВС выполняет функции основного источника энергии, а тяговый электромотор работает на режимах старта и малых нагрузок и используется как генератор для подзарядки батареи аккумуляторов. Эта схема отличается простотой конструкции и низкой стоимостью. При последовательной схеме ДВС всю свою мощность передает электрогенератору, а тяговый электродвигатель обеспечивает необходимый силовой диапазон нагрузок автомобиля.

Для суммирования обоих потоков мощности на "Тойота Приус" применены планетарная коробка передач и компьютер, который координирует весь процесс управления силовой установкой. При этом в городском испытательном цикле Правил № 83-06 ЕЭК ООН этот автомобиль до 80 % времени работает от батареи аккумуляторов. Электромотор может включаться как на малых нагрузках, так и при интенсивных ус-

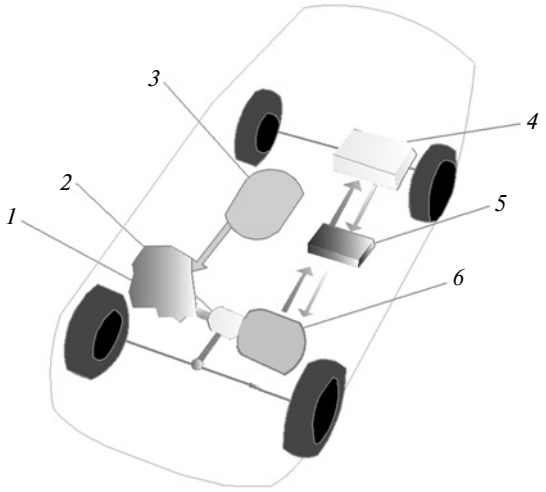


Рис. 1. Параллельная схема гибридной силовой установки:

1 — ДВС; *2* — коробка передач; *3* — топливный бак; *4* — батарея аккумуляторов; *5* — инвентор; *6* — тяговый электродвигатель-генератор

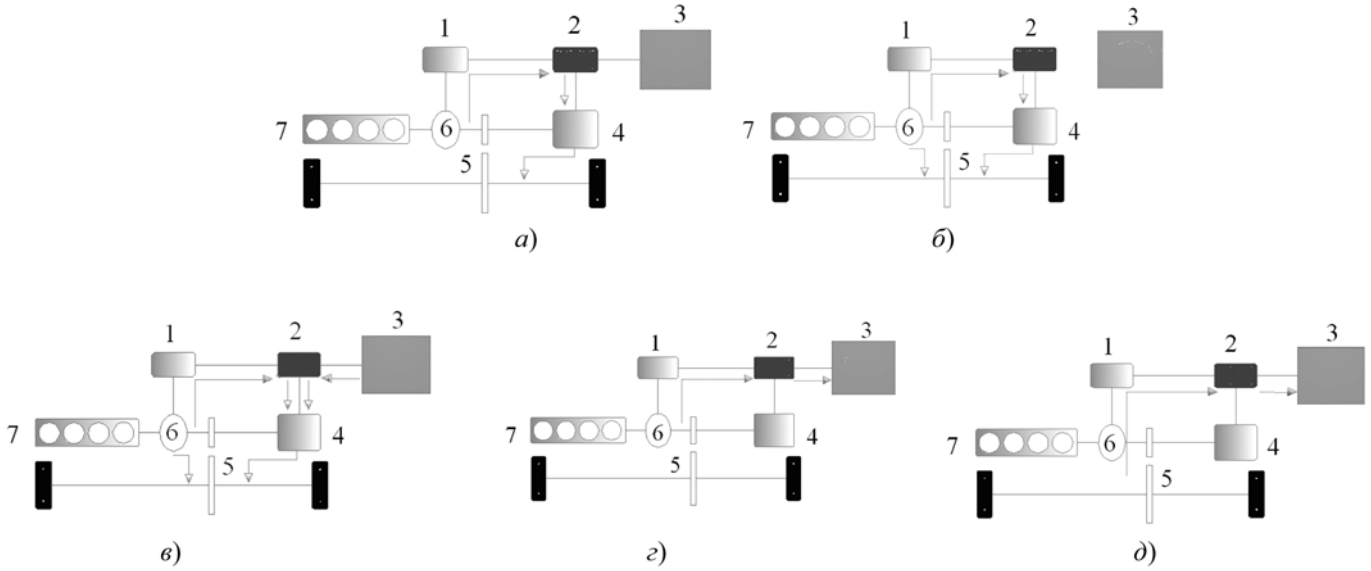


Рис. 2. Схема КЭУ и режимы движения автомобиля "Тойота Приус":

1 — генератор; *2* — преобразователь тока; *3* — батарея аккумуляторов; *4* — тяговый электродвигатель; *5* — редуктор; *6* — планетарный механизм; *7* — ДВС

корениях, увеличивая выходную мощность силовой установки, помогая ДВС, и осуществляет его пуск при остановках.

Режимы работы силовой установки рассматриваемого автомобиля приведены на рис. 2. Их пять. При первом из них (см. рис. 2, *а*) используется последовательная схема. ДВС в данном случае в связи с небольшими нагрузками работает в зоне больших эффективных расходов топлива. Но если его загрузить дополнительно через генератор, подзаряжающий батарею аккумуляторов, то энергоэффективность этого режима можно повысить. На высоких же скоростях движения автомобиля подключается второй режим (см. рис. 2, *б*), т.е. силовая установка работает по параллельной схема привода. При этом ДВС работает на режиме минимальных расходов топлива и токсичности. При ускорении (разгоне) автомобиля включается третий режим (см. рис. 2, *в*), при котором силовая установка работает тоже по параллельной схеме. При достижении заданной скорости вступает четвертый режим (см. рис. 2, *г*), при котором генератор используется для подзарядки аккумуляторов, а электродвигатель — для движения гибрида. При торможении задействуется пятый режим (см. рис. 2, *д*) — режим рекуперации энергии в накопителе. Такой алгоритм обеспечивает автомобилю довольно низкий расход топлива.

Снижение вредных выбросов с отработавшими газами исследуемым автомобилем осуществляется за счет увеличения доли работы электромотора на различных режимах, в том числе при пуске в холодных условиях и малых нагрузках, т.е. на тех режимах, где наблюдаются повышенные выбросы вредных веществ. В итоге, как показали результаты испытаний, его силовая установка значительно меньше, чем предписывают требования "Евро-5" Правил № 83-06 ЕЭК ООН, выделяет в атмосферу монооксида углерода, углеводородов, оксидов азота, твердых частиц и топливных испарений [4].

Управляющим параметром алгоритма работы любой силовой установки, в том числе и гибридной, является нагрузка, которая, как известно, зависит от массы автомобиля и скорости его движения. Но в случае гибридного привода появляется еще один управляющий параметр, определяющий алгоритм работы силовой установки — степень зарядки батареи аккумуляторов в испытательном цикле: в конце городского испытательного цикла степень зарядки батареи должна быть не меньше ее начального значения. Это, во-первых, поддерживает определенный баланс энергии в батарее и, во-вторых, позволяет использовать батарею сравнительно небольших емкости, габаритных размеров и, соответственно, стоимости. (Баланс энергии считается оптимальным, если энергия, отдаваемая батареей, равна энергии, поступающей в нее от генератора и рекуперируемой при торможении автомобиля.)

На гибридных автомобилях "Тойота Приус" устанавливаются, в зависимости от применяемой схемы привода и алгоритма управления силовой установкой, тяговые электродвигатели мощностью от 30 до 60 кВт и ДВС мощностью 54 и 73 кВт (73 и 94 л.с.).

Аккумулирование энергии наиболее целесообразно с применением механической бесступенчатой передачи, которая позволяет регулировать скорость движения транспортного средства при постоянной степени загрузки двигателя путем бесступенчатого регулирования передаточного числа трансмиссии, что загружает двигатель по характеристике минимального расхода топлива [5].

Режимы малых нагрузок характеризуются низкими значениями механического КПД и эффективностью работы нейтрализатора отработавших газов, поскольку на этих режимах доля механических потерь в общем

энергетическом балансе двигателя и температура отработавших газов в нейтрализаторе довольно низкие. Эффект же снижения расхода топлива достигается только при большем использовании электродвигателя и режимов работы ДВС с высокими значениями КПД, а также применении ДВС меньшего рабочего объема при одинаковой суммарной мощности силовой установки на автомобиле. Долевая же часть использования мощности тягового электродвигателя на нагрузочных режимах цикла определяется его мощностью, степенью зарядки и максимальной мощностью батареи.

Важной составляющей энергоэффективности КСУ является также ее способность использования рекуперации энергии в процессе торможения автомобиля: она позволяет существенно улучшить показатели топливной экономичности и добиться снижения количества выбросов вредных веществ, что особенно актуально при эксплуатации автомобиля в городских условиях. При этом уровень рекуперации энергии зависит от интенсивности торможения, степени заряженности тяговой батареи, конструкции силового привода. Например, опыт доказывает, что при интенсивном торможении, характерном для обычного городского движения, уровень рекуперации энергии максимален, однако следует иметь в виду, что при интенсивных и экстренных торможениях этот уровень снижается, поскольку энергия в большей степени поглощается механической системой тормозов. Кроме того, режим рекуперации создает дополнительный тормозной момент на колесах ведущей оси автомобиля, что может негативно сказаться на сцеплении этих колес на участках с низким коэффициентом сцепления. Поэтому на автомобиле с КСУ очень важно правильно обеспечить взаимодействие тормозной и электрической систем рекуперативного торможения.

Нельзя забывать и о том, что возможность преобразования механической энергии торможения в электрическую ограничивается ёмкостью батареи аккумуляторов. Поэтому система управления КЭУ должна быть способной отключать ДВС в момент, когда батарея не может больше аккумулировать поступающую в неё энергию, тем самым — экономить топливо.

Для поддержания баланса энергии в батарее аккумуляторов необходим правильный подбор мощности агрегатов силовой установки. Например, при использовании на автомобиле "Тойота Приус" в городском цикле только режима электротяги силовой установки достаточно иметь тяговый электродвигатель мощностью 60 кВт. Но в данном случае требуется батарея большой ёмкости. Однако если использовать оптимальную подзарядку батареи от генератора на режимах разгона и движение на электротяге на малых нагрузках, то мощность тягового электродвигателя и ёмкость аккумуляторной батареи можно было бы существенно уменьшить.

Западные производители, имея развитую сеть зарядных станций, в последние годы применяют подзаряжаемые гибридные автомобили. Это разумно: использование электроэнергии на автомобиле в несколько раз выгодней, чем нефтяного топлива. Если батарея аккумуляторов этого автомобиля разрядилась, то он переходит на тягу от ДВС, а для подзарядки можно было бы использовать обычную электросеть или специальное зарядное устройство.

Подзаряжаемые гибриды, по данным каталогов, обладают низким, не превышающим 1,5...3 л/100 км, расходом топлива. При этом в режиме электротяги на скорости до 130 км/ч они могут пройти большие расстояния. Например, гибрид "Гольф 7 plug-in hybrid" сможет проехать 50 км.

При определении расхода $G_т$ топлива для подзаряжаемых гибридов используют следующую формулу [6, 7]:

$$C = \frac{D_e C_1 + D_{av} C_2}{D_e + D_{av}},$$

где D_e — запас хода (км) с выключенным ДВС, т.е. на электротяге; D_{av} — предполагаемое среднее расстояние, пройденное между двумя зарядами аккумулятора, т.е. эмпирическая величина, которая принимается равной 25 км; C_1 — расход топлива (л/100 км) при полностью заряженной батарее; C_2 — расход топлива (л/100 км) при полностью разряженной батарее.

Испытание по определению расхода топлива проводят на двух режимах: с полностью заряженной батареей и при минимальной её зарядке. При этом значение расхода E электроэнергии рассчитывается по формуле [9]:

$$E = \frac{D_e E_1 - D_{av} E_4}{D_e + D_{av}},$$

где E_1 и E_4 — расходы электроэнергии при полностью заряженной и минимальной зарядке батареи. Например, в каталоге записано, что на полностью заряженной батарее автомобиль "Порше 918 Спайдер" может проехать 30...50 км. Но в эксперименте при разряженной на старте батарее его расход топлива составил не 3 л, как заявлено, а 6,8 л/100 км [8]. Вместе с тем расчеты и испытания показали: если в расчетах принять запас хода на одной зарядке батареи не 25, а 40 км, то расходы топлива, а также энергоэффективность подзаряжаемых гибридов получаются ниже, чем заявляют производители. Поэтому для объективной оценки расхода топлива (энергоэффективности) следует применять показатель $E_п$ энергопотребления, измеряемый в кДж/100 км. По нему можно рассчитывать не только топливную экономичность подзаряжаемых гибридов, но и сравнивать их энергоэффективности с энергоэффективностью обычных гибридов и традиционных автомобилей. Для этого энергию топлива необходимо пересчитывать через её теплотворную способность в кДж/кг и привязать её к 100 км пробега автомобиля, а электрическую энергию $E_п$ (кВт · ч/100 км) перевести в кДж/100 км.

Важнейшими проблемами автомобилей с электроприводом являются также повышение энергоемкости батареи и увеличение её срока службы. Поэтому в настоящее время в этой области ведутся интенсивные исследования. К настоящему времени уже создана

новая литий-ионная батарея аккумуляторов массой 200 кг, ёмкостью 52 кВт · ч и плотностью энергии 0,26 кВт · ч/кг (у современных литий-ионных батарей плотность составляет 0,13...0,08 кВт · ч/кг). Кроме того, разработчикам удалось сократить и время зарядки таких батарей.

Как видим, автомобили с КЭУ пока что переживают начало своего становления. Но уже сейчас можно сказать, что пути их совершенствования вполне определились. Это правильный выбор принципиальной схемы и параметров силовой установки и алгоритма ее работы, а также (при наличии развитой сети зарядных станций) — применение подзаряжаемых гибридов.

Литература

1. Гусаров А.П. Потребление топлива и выбросы CO_2 автомобилями // ААИ. 2009. № 3 (56).
2. Каталоги автомобилей 2009—2015 гг. Automobil revue.
3. Загарин Д.А., Шабанов А.В., Ломакин В.В., Шабанов А.А. Плюс электропривод // Энергоэффективность и энергосбережение. 2013. № 9—10.
4. Загарин Д.А., Шабанов А.В., Ломакин В.В., Красавин П.А., Шабанов А.А. Гибрид идет на обгон // Энергоэффективность и энергосбережение. 2013. № 9...10.
6. Бахмутов С.В., Карунин А.Л., Селифонов В.В., Карпухин К.Е., Круташов А.В., Ломакин В.В., Баулина Е.Е., Урюков Ю.В. Конструктивные схемы автомобилей с гибридными силовыми установками. Учебное пособие. — М.: МГТУ МАМИ, 2007.
7. Правила № 101 ЕЭК ООН. Приложение 8.
8. Волшебные три литра // Авторевю. 2013. № 24.

УДК 621.436.01

ПУТИ СНИЖЕНИЯ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДИЗЕЛЯ, РЕГУЛИРУЕМОГО ИЗМЕНЕНИЕМ ЕГО РАБОЧЕГО ОБЪЕМА

Р.О. КАМЫШНИКОВ
РУДН (495. 438-79-15)

Рассматриваются возможности и пути снижения дымности отработавших газов дизеля, регулируемого отключением цилиндров.

Ключевые слова: *дизель, эффективность, экологичность, режимы малых нагрузок, отключение цилиндров, регулирование рабочего объема дизеля.*

Kamyshnikov R.O.
WAYS TO REDUCE THE SMOKE OF EXHAUST GASES OF DIESEL WITH VARIABLE DISPLACEMENT

There examined some possibilities and ways reduce the smoke of exhaust gases of diesel with variable displacement are considered.

Keywords: *diesel, efficiency, ecology, regimes of low load, disconnection of cylinders, cylinder cut off, variable displacement of diesel.*

Одним из признанных методов повышения экономических и экологических качеств дизеля на режимах холостого хода и малых нагрузок является метод отключения части цилиндров или циклов [1], т.е. метод изменения его рабочего объема. При этом нагрузка на неотключенные (активные) цилиндры возрастает и они выходят на расчетные режимы, что приводит к снижению расхода топлива и токсичности отработавших газов (например, в условиях городского движения, снижение выбросов углекислого газа — до 20...40 % [2]).

Таковы общие закономерности. Чтобы конкретизировать их, т.е. получить количественную оценку выгод, обеспечиваемых отключением части цилиндров, а также выявить резервы этого метода, автор провел специальное исследование, объектом которого стал вихрекамерный безнаддувный дизель, устанавливаемый фирмой "Фольксваген" на её легковые автомобили "Гольф". Этот дизель — четырехцилиндровый, его рабочий объем V_h — 1,5 л, максимальная мощность $N_{e\,\max}$ — 36,6 кВт (49,8 л.с.) при 5000 мин$^{-1}$, дымность отработавших газов — 3,4 ед. Бош, максимальный крутящий момент $M_{e\,\max}$ — 98,4 Н · м при 3000 мин$^{-1}$, минимальный удельный расход топлива $g_{e\,\min}$ — 250 г/(кВт · ч), или 184 г/(л.с. · ч) [3].

Для анализа автор использовал универсальные его характеристики, поскольку они содержат экспериментальные данные [2], которые целесообразно применить при прогнозировании его показателей при различных методах регулирования, режимах работы и т.д. Кроме того, было принято, что при отключении части цилиндров дизеля, работающего на режиме малой (ниже ~40 %) нагрузки, показатель "среднее эффективное давление (p_e) в цилиндрах" теряет физический смысл, так как часть цилиндров выключается, а вторая их часть, активные цилиндры, работает при увеличенной нагрузке, и при этом сохраняется полная работа $L_{\text{полн}}$ (формула № 1 в табл. 1), выполняемая полноразмерным дизелем на этом режиме; удельная работа полноразмерного дизеля (работа, отнесенная к его рабочему объему) соответствует формуле № 2, а удельная работа дизеля с отключенной частью цилиндров, т.е. с пониженным числом активных цилиндров, но выполняющего ту же полную работу, возрастает до уровня,

Таблица 1

№ формулы	Формула	Примечания
1	$L_{\text{полн}} = 500 p_e i V_h$	p_e — среднее эффективное давление; i — число цилиндров дизеля; V_h — рабочий объем одного цилиндра
2	$L_{\text{уд}} = L_{\text{полн}}/(iV_h) = 500 p_e$	—
3	$L_{\text{уд}} = L_{\text{полн}}/(zV_h)$	z — число активных цилиндров

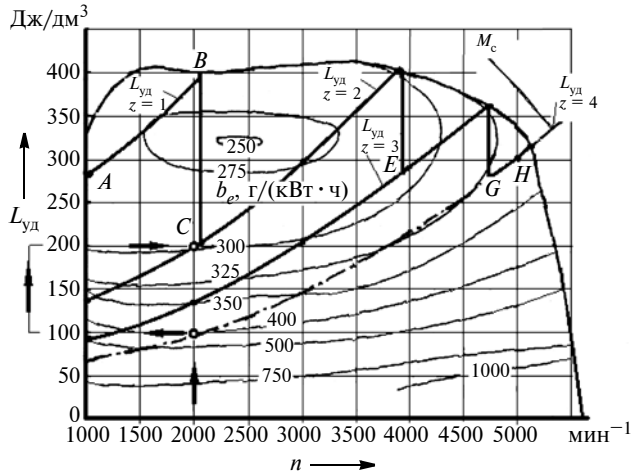


Рис. 1. Универсальная характеристика дизеля автомобиля "Фольксваген Гольф" по удельному расходу топлива, снабженная ординатой удельной работы и кривыми — рекомендациями его регулирования методом отключения части цилиндров:

$L_{уд(z=4)}$; $L_{уд(z=3)}$; $L_{уд(z=2)}$; $L_{уд(z=1)}$ — удельные работы дизеля, работающего с нагрузками $M_c = f(n)$, при четырех, трех, двух и одном активных цилиндрах соответственно

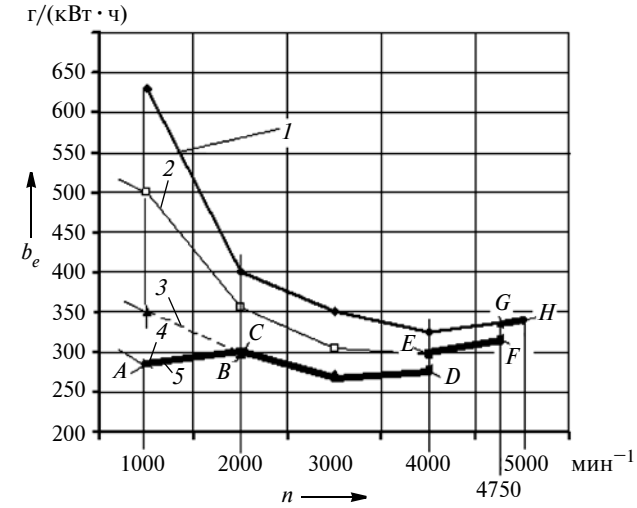


Рис. 2. Удельные эффективные расходы топлива дизелем автомобиля "Фольксваген Гольф" при реализации режима движения этого автомобиля на четвертой передаче по приведенному на рис. 1 закону нагружения:

1 — $z = 4$; *2* — $z = 3$; *3* — $z = 2$; *4* — $z = 1$; *5* — алгоритм оптимального отключения цилиндров

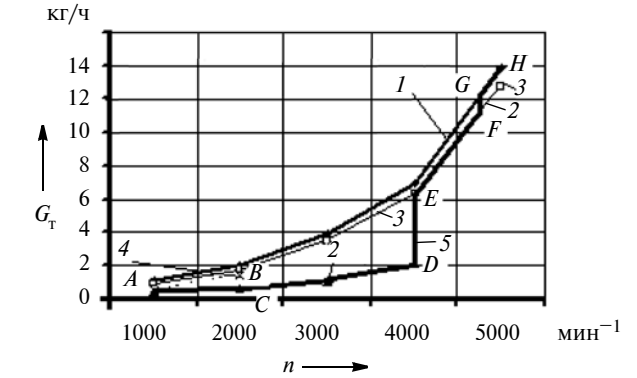


Рис. 3. Часовые расходы топлива дизелем автомобиля "Фольксваген Гольф" при его работе с нагрузками по характеристике $M_c = f(n)$ (см. рис. 1):

1 — $z = 4$; *2* — $z = 3$; *3* — $z = 2$; *4* — $z = 1$; *5* — алгоритм оптимального отключения цилиндров

определяемого по формуле № 3. Из этих соображений ордината p_e традиционных универсальных характеристик дизеля заменяется ординатой удельной работы $L_{уд}$ (рис. 1).

На такой характеристике приведены параметрические кривые постоянных удельных эффективных расходов топлива (b_e), момента M_c сопротивления при установившихся режимах движения автомобиля на четвертой передаче, она также представлена в виде удельной работы $L_{уд}$, совершаемой полноразмерным дизелем, т.е. при $z = 4$. В области пониженных нагрузок, когда дизель с частью отключенных цилиндров может выполнять ту же работу, что и полноразмерный двигатель, характеристики удельных работ обозначены соответственно $L_{уд}$ при $z = 3$, 2 и 1.

Суть примененной автором методики анализа заключается в следующем.

Пусть полноразмерный дизель работает вблизи $n = 2000$ мин$^{-1}$ (см. рис. 1), реализуя режим нагрузки, соответствующий точке *K* на характеристике $M_c = f(n)$. При этом выполняемая удельная работа $L_{уд}$ составляет 100 Дж/дм^3, следовательно, его удельный эффективный расход b_e топлива равен 400 г/(кВт · ч). Чтобы повысить экономичность этого режима, отключим два цилиндра. Это означает, что теперь дизель будет выполнять удельную работу, равную ~200 Дж/дм^3 (точка *C*), а его удельный расход составит ~300 г/(кВт · ч), т.е. он уменьшится на 25 %.

Таким образом, из рис. 1 видно, что при реализации установившихся режимов движения с нагрузкой $M_c = f(n)$ для полноразмерного дизеля, действительно, имеется возможность повысить его топливную экономичность, отключая часть цилиндров, т.е. работая с разным числом активных цилиндров. Причем не только при $n \approx 2000$ мин$^{-1}$, но и на других режимах. В частности, на участке от 1000 до ~2000 мин$^{-1}$ можно работать на одном цилиндре, т. е. по характеристике *A—B;* на участке *B—C* — включить второй цилиндр, чтобы дизель работал на двух цилиндрах по характеристике *C—D*, т.е. до ~4000 мин$^{-1}$; на участке *D—E* — включить третий цилиндр, чтобы дизель работал по характеристике *E—F* — до 4750 мин$^{-1}$; на участке *F—G* — включить четвертый цилиндр, чтобы на участке *G—H* дизель работал в полноразмерном варианте.

Реализация такого алгоритма регулирования позволяет существенно снизить удельные расходы топлива. Это подтверждает рис. 2, где приведены кривые $b_e = f(n)$, характеризующие удельные расходы топлива рассматриваемым дизелем при его работе на четырех, трех, двух и одном цилиндрах (соответственно кривые *1*, *2*, *3*, *4*) и по приведенному на рис. 1 алгоритму (кривая *5*). Зная мощность, которую развивает дизель, преодолевая сопротивление M_c, можно определить его часовые расходы $G_т$ топлива. Тогда скоростные характеристики по часовому расходу топлива будут выглядеть так, как показано на рис. 3, из которого видно, что для полноразмерного варианта рассматриваемого дизеля характеристика часового расхода топлива протекает по закону *A*, *G*, *H*; а при работе по характеристике $M_c = f(n)$ (при условии равновероятности всех

режимов) последовательно на двух, трех и четырех цилиндрах, т.е. по закону *A—B—C—D—E—F—G—H*, экономия $\Delta G_т$ топлива составит ~8 %.

Аналогичным способом определялись показатели дымности (выбросов сажи) отработавших газов дизеля. В этом случае универсальная характеристика после соответствующей её переработки с заменой ординаты p_e ординатой $L_{уд}$ и нанесения характеристик $M_с = f(n)$ нагружения имеет вид, показанный на рис. 4.

Очевидно, что дымность отработавших газов от активных цилиндров при уменьшении их числа из-за роста цикловых подач топлива в эти цилиндры будет возрастать (рис. 5). Однако концентрации $C_с$ сажи в этих газах будут ниже, поскольку они разбавляются воздухом деактивированных цилиндров. Иначе говоря, концентрация сажи в отработавших газах дизеля, работающего на участках пониженной нагрузки, будет не такой высокой, как при работе на всех четырех цилиндрах (табл. 2). Однако при работе дизеля на одном цилиндре (что возможно лишь при низких частотах вращения и когда нагрузка мала) выброс сажи превышает аналогичные показатели его работы на двух и более цилиндрах. Поэтому такую работу нельзя считать целесообразной. На трех же цилиндрах целесообразно работать до $n \approx 4000$ мин$^{-1}$; на двух — не выше $n \approx 3000$ мин$^{-1}$, а на режимах вблизи номинальной частоты вращения коленчатого вала — на всех четырех цилиндрах, так как отключение даже одного цилиндра приводит к росту выбросов сажи.

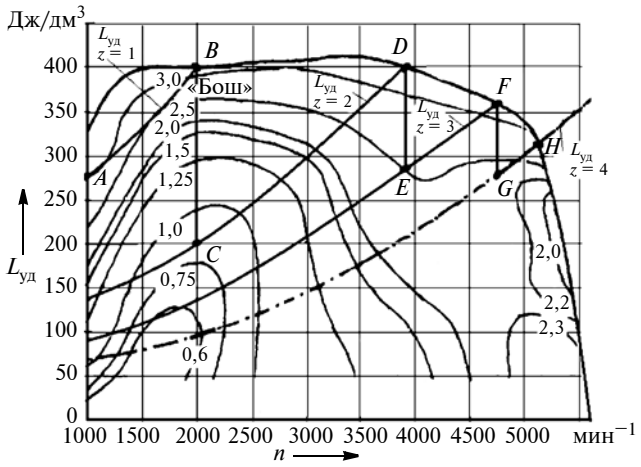


Рис. 4. Универсальная характеристика дизеля автомобиля "Фольксваген Гольф" по дымности отработавших газов при его работе по характеристике нагружения $M_с = f(n)$ (см. рис. 1)

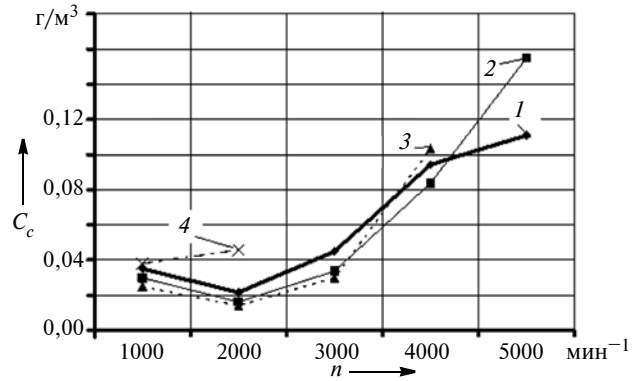


Рис. 5. Изменение концентрации сажи в отработавших газов дизеля автомобиля "Фольксваген Гольф" при его движении на четвертой передаче по приведенному на рис. 1 закону нагружения:
1 — z = 4; 2 — z = 3; 3 — z = 2; 4 — z = 1

Таблица 2

Число активных цилиндров	Часовой выброс сажи, г/ч, при частоте вращения коленчатого вала, мин$^{-1}$				
	1000	2000	3000	4000	5000
4	1,20	1,60	5,20	14,80	22,00
3	1,00	1,20	3,90	13,10	30,70
2	0,80	1,00	3,40	16,2	—
1	1,29	3,30	—	—	—

Выполнение такой программы обеспечивает снижение выброса сажи, по сравнению с реализацией тех же режимов полноразмерным двигателем, на ~10 %

Приведенные выше результаты, конечно, не являются абсолютно точными, так как анализ выполнен при ряде допущений. В частности, что механические потери в дизеле не зависят от числа активных цилиндров и нагрузки, а зависят только от частоты вращения коленчатого вала; что включение—выключение того или иного числа цилиндров происходит мгновенно, т.е. отсутствует явление "гистерезиса" — постепенного выключения или, соответственно, включения цилиндров от одного до четырех; что переходных процессов в системе топливоподачи нет; что тепловое состояние отключенных и активных цилиндров не влияет на результаты исследования; что рост индикаторного КПД с уменьшением коэффициента избытка воздуха (при повышении подач топлива в активные цилиндры) имеет свой максимум, после которого повышение подач топлива приведет к снижению индикаторного КПД, а следовательно, пропадет эффект повышения экономичности. Однако даже те приведенные здесь цифры доказывают: отключение цилиндров на режимах холостого хода и малых нагрузок — довольно мощный инструмент повышения топливной экономичности и экологичности этих режимов. Но — еще не до конца используемый: резервом повышения его эффективности является правильный выбор алгоритма отключения цилиндров.

Литература

1. Патрахальцев Н.Н., Аношина Т.С., Камышников Р.О. Снижение расхода топлива и вредных выбросов дизеля на режимах малых нагрузок методом изменения его рабочего объема // Двигателестроение. 2015. № 1 (259). С. 26...29.
2. Кутенев В.Ф. Перспективы совершенствования ДВС // Двигатель. 2005. № 6 (42). С. 12...14.
3. Hofbauer Peter. Der Dieselmotor fur das Kompaktaute VW Golf. Teil 2 // MTZ. 1977. 38. № 7—8. С. 301...306.

УДК 629.114.2

ВЫБОР ЭЛЕКТРОТРАНСМИССИИ МНОГОЗВЕННОГО АВТОПОЕЗДА[1]

Д-р техн. наук **Г.И. ГЛАДОВ**, канд. техн. наук **Д.М. РЯБОВ**
МГТУ имени Н.Э. Баумана (8.916. 701-52-97)

Одним из вопросов, при решении которого без теории не обойтись, — согласование работы ДВС тягача с работой электрического привода его мотор-колес. Чтобы ответить на него, предположим, что электрогенератор, от которого питаются мотор-колеса, приводится от ДВС тягача, построим тяговую характеристику автопоезда, оснащенного электрической трансмиссией. Допустим, что ДВС работает при постоянной максимальной мощности $N_{e_{max}}$; генератор соответствует мощности этого двигателя и равномерно распределяет свою мощность по мотор-колесам и что суммарная расчетная мощность N_e мотор-колес равна мощности генератора. Тогда, очевидно, максимальная $N_{k_{max}}$ мощность, подводимая к мотор-колесам, будет равна $N_{e_{max}}$, умноженной на КПД устройств, расположенных между ДВС и мотор-колесами, и коэффициент $\beta_{всп}$, учитывающий расход мощности на привод вспомогательного оборудования (формула № 1 в таблице).

Значения КПД, входящих в эту формулу, — величины переменные. Например, при увеличении крутящего момента M_e на коленчатом валу ДВС значения $\eta_г$ и $\eta_{эд}$ снижаются с 0,9 до 0,7...0,8. Но при проектировочном расчете все КПД можно принять постоянными. В этом случае тяговая характеристика тягача имеет вид гиперболы *CD* (рис. 1, *а*).

Принятая максимальная сила тяги, развиваемая мотор-колесом, ограничивается допустимой силой тока $i_{эд_{max}}$ его электродвигателя, а частота $\omega_{эд}$ вращения якоря этого электродвигателя — наибольшим напряжением $U_{г_{max}}$, которое развивает электрогенератор.

Перед началом движения автопоезда ДВС работает на холостом ходу. Затем (точка *A*) частота вращения его коленчатого вала и, следовательно, мощность $N_г$ генератора возрастают. Значит, увеличивается ток генератора $J_г$ и ток $J_{эд}$, поступающий в электродвигатели мотор-колес (участок *AO*). Что приводит к возрастанию крутящего момента $M_{эд}$. И когда суммарная величина моментов на колесах преодолеет силы сопротивления их вращению (точка *A*), автопоезд начнет движение. Скорость этого движения (линия *AB*) увеличивается до тех пор, пока сила $J_{эд}$ тока не достигнет своего максимального значения $J_{эд_{max}}$. Но частота $n_д$ вращения коленчатого вала и частота $\omega_г$ вращения вала электрогенератора продолжают увеличиваться. Следовательно, растут напряжение $U_г$ и мощность $N_г$ генератора вплоть до максимальных своих значений (точка *C*).

Далее ДВС и генератор работают при постоянной мощности, а крутящий момент электродвигателей мотор-колес изменяется по закону, близкому к гиперболическому (кривая *CD*).

Определив зависимость $M_{эд} = f(\omega_{эд})$, можно вычислить ускорение $j_а$ автопоезда в зависимости от скорости $v_а$ (рис. 1, *б*).

Такова картина для случая, когда тягач многозвенного автопоезда оснащен электротрансмиссией. Но таких тягачей, выпускаемых серийно, пока что нет. Есть лишь тягачи с механической и гидромеханической трансмиссиями. Чтобы их использовать в составе активных многозвенных автопоездов, пришлось их соответствующим образом дорабатывать. Что, по вполне понятным причинам, крайне нежелательно. Отсюда возникает вопрос, требующий своего решения при создании активных многозвенных автопоездов, — согласование работы серийно выпускаемого тягача с прицепом, оснащенным мотор-колесами.

Приемлемым решением в данном случае, по мнению авторов, может быть дополнительный автономный ДВС, работающий на электроприводы прицепных звеньев. Этот двигатель может быть объединен с электроприводом в единый модуль, а тягач с серийной трансмиссией будет выполнять функцию основного направляющего и задающего звеньев. При этом для обеспечения согласованной работы ДВС, такой (например, гидромеханической) трансмиссии и тяговой электропередачи в составе автопоезда с дополнительным ДВС, очевидно, необходимо учитывать особенности нагружающих и преобразующих свойств этих трансмиссии и тяговой электропередачи.

Так, силовые и кинематические связи в ГМТ описываются с помощью безразмерных характеристик гидротрансформатора. Следовательно, задаваясь значением передаточного числа $i_{гт}$ ($i_{гт} = \omega_т/\omega_н$) и одной из этих частот вращения ($\omega_н$ на насосном колесе или $\omega_т$ на турбине), можно определить значения коэффициентов $\lambda_н$ и $K_{гт}$ и рассчитать зависимости между входными и выходными параметрами ГМТ. (Крутящий момент на насосном и турбинном колесе равен соответственно $M_н = \lambda_н\omega_н^2$ и $M_т = K_{гт}\lambda_н\omega_н^2$.)

Так, зная параметры гидротрансформатора, можно рассчитать скорость $v_т$ движения и силу F_n тяги тягача (формулы № 2 и 3 соответственно). Далее по известным входным параметрам гидротрансформатора определяются нагрузочные характеристики (эффективная мощность и крутящий момент), приведенные к коленчатому валу ДВС, т.е. мощность $N_{e_д}$ и крутящий момент $M_{e_д}$ этого двигателя (формулы № 4 и 5

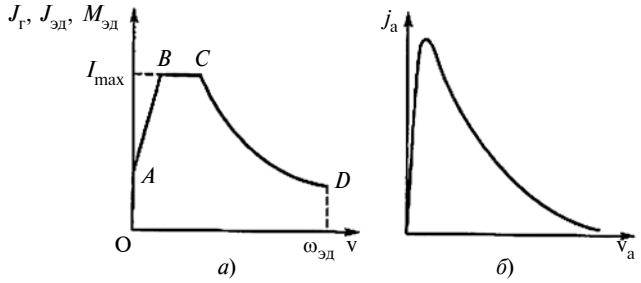


Рис. 1. Тяговая характеристика транспортного средства с электрической трансмиссией:
а — гипербола; *б* — изменение ускорения

[1] Окончание. Начало см. "АП, 2015, № 12.

№ формулы	Формула	Примечания
1	$N_{k\max} = N_{e\max}\eta_{р.г}\eta_г\eta_с\eta_{эд}\eta_{р.д}\beta_{всп}$	—
2	$v = 0{,}377\omega_т r_к/i_{тр}$	$\omega_т$ — частота вращения турбинного колеса гидротрансформатора; $i_{тр}$ — суммарное передаточное число механической части ГМТ
3	$F_т = 10^{-3}M_т i_{тр}\eta_{тр}/r_к$	$r_к$ — радиус качения колеса
4	$N_{eт} = \left(1{,}05\frac{10^{-4}\lambda_н\omega_н^3}{\eta_{п.п}}\right) + K_e N_{e\max т}\left(\frac{\omega_{д.т}}{\omega_{ед.т}}\right)^3$	$\lambda_н$ — коэффициент момента насосного колеса; $\lambda_н$ — КПД повышающей передачи; $\lambda_н$ — коэффициент, учитывающий потери на привод вспомогательных механизмов (0,15...0,17); $\omega_н$ — частота вращения насосного колеса; $\omega_н$ — частота вращения коленчатого вала ДВС; $\omega_{ед.т}$ — частота вращения коленчатого вала ДВС при максимальной мощности
5	$M_{д.т} = 9550N_{eт}/\omega_д$	—
6	$\omega_д = \omega_н i_{п.п}$	—
7	$U = C\Phi\omega + J_я r_\Sigma + \Delta U_щ$	C — машинная постоянная; Φ — магнитный поток; $J_я$ — сила тока якоря: r_Σ — суммарное сопротивление последовательной цепи: $\Delta U_щ$ — падение напряжения под щётками
8	$F_{т.п} = 10^{-3}(0{,}955C\Phi J_я - \Delta M)n_i i_{мк}\eta_{мк}/r_{к.п}$	ΔM — сумма потерь в ТЭД, определяемой по характеристикам его холостого хода, и дополнительных потерь; n_i — число электродвигателей; $i_{мк}$ — передаточное число мотор-колеса; $\eta_{мк}$ — КПД редуктора мотор-колеса; $r_{к.п}$ — радиус качения колес прицепа
9	$v = 0{,}377\omega r_{к.п}/i_{мк}$	—
10	$N_{eп} = (10^{-3}UJ_я n_i/\eta_г\eta_м) + $ $+ \Delta N_{д.н} + K_e N_{e\max п}(\omega_{д.п}/\omega_{ед.п})^3$	$\eta_г$ — КПД генератора; $\eta_м$ — КПД повышающего редуктора (мультипликатора); $\Delta N_{д.н}$ — мощность дополнительных нагрузок ТЭП; $N_{e\max п}$ — максимальная мощность дополнительного двигателя; $\omega_{д.п}$ — частота вращения вала дополнительного двигателя; $\omega_{ед.п}$ — частота вращения вала дополнительного двигателя при $N_{eп} = N_{e\max п}$
11	$M_{д.т} = 9550N_{eп}/\omega_{д.п}$	—
12	$\Phi_г = (Un_{п.с} + J_я n_{пр} r_г + \Delta U_{щ.г})/C_г\omega_г$	$n_{п.с}$ — число последовательно включенных ТЭД в параллельной ветви; $n_{пр}$ — число параллельных ветвей, подключенных к генератору; $r_г$ — сопротивление генератора; $\Delta U_{щ.г}$ — падение напряжения под щётками; $C_г$ — машинная постоянная генератора; $\omega_г$ — частота вращения вала генератора
13	$M_д - M_с - \Delta M_{пот} = (J_{пр} + J_{пот})d\omega/dt$	$M_д$ — крутящий момент на коленчатом валу двигателя; $M_с$ — момент сопротивления, создаваемый трансмиссией; $\Delta M_{пот}$ — момент, соответствующий потери мощности на привод вспомогательного оборудования; $J_{пр}$ — приведенный момент инерции вращающихся масс трансмиссии; $J_{пот}$ — приведенный момент инерции вращающихся масс вспомогательного оборудования
14	$K_{сц}^F = (F_т + F_п)/\varphi G_а K_{сц}$	$F_т$, $F_п$ — силы тяги на колесах тягача и прицепа соответственно; φ — коэффициент сцепления шин с опорной поверхностью; $K_{сц}$ — коэффициент "сцепного веса"
15	$K_{сц}F = \frac{(G_т + G_п)}{\varphi G_а K_{сц}}$	$G_а$ — сила тяжести автопоезда; $G_п$ — "сцепной вес" прицепа; $K_{сц} = (G_т + G_п)/G_а$ $G_т$ — сила тяжести полноприводного тягача с нагрузкой на сцепное устройство; $G_п$ — "сцепной вес" прицепного звена
16	$U_д/U_{н.д} = f\sqrt{M_д}/f_н\sqrt{M_{н.д}}$; $\Phi_д/\Phi_{н.д} = \sqrt{M_д}/\sqrt{M_{н.д}}$	$U_д$, $U_{н.д}$ — фактическое и номинальное напряжения на зажимах электродвигателя мотор-колеса; f, $f_н$ — фактическое и номинальное значения частоты тока; $M_д$, $M_{н.д}$ — фактическое и номинальное значения крутящего момента на его валу; $\Phi_д$, $\Phi_{н.д}$ — фактическое и номинальное значения магнитного потока
17	$(U_{н.д}/U_д f_н) = (\Phi_{н.д}/\Phi_д)$; $\left(U_{н.д}^2 f/U_д^2 f_н\right) = 1$; $U_д/\sqrt{f} = \text{const}$	—
18	$(M_{д.т} - n_i M_д)/G_т = n_i M_д/G_п$	$M_{д.т}$, $M_д$ — крутящий момент на колесах тягача и прицепа; n_i — число мотор-колес

№ формулы	Формула	Примечания
19	$n_{к.п} = n_{ст}(1 - s)/i_{б.п}$	$n_{к.п}$ — частота вращения колеса прицепного звена; $n_{ст}$ — частота вращения магнитного поля статора электродвигателя мотор-колеса; $s = 0{,}02...0{,}004$ — скольжение магнитного поля; $i_{б.п}$ — передаточное число редукторов мотор-колес
20	$n_{к.п} = n_{к.т} = n_д/i_{тр}$	$n_{к.т}$, $n_{к.п}$ — частота вращения колес тягача и прицепа; $n_д$ — частота вращения коленчатого вала дополнительного ДВС; $i_{тр}$ — передаточные числа силовых передач тягача и прицепа
21	$i_{б.п} = n_{ст}i_{тр}(1 - s)/n_д$	—
22	$i_{ред} = n_д/n_г$	$n_г$ — скорость вращения вала генератора
23	$f_г = n_г p_г/60 = n_д p_г/60i_{ред}$	$p_г$ — число пар полюсов генератора
24	$n_{ст} = 60f_г/p_{рэд} = p_г n_д/i_{ред}p_{эд}$	$p_{эд}$ — число пар полюсов электродвигателя мотор-колеса
25	$i_{б.п} = p_г i_{тр}(1 - s)/i_{ред}p_{эд}$	$i_{ред}$ — передаточное число согласующего редуктора

соответственно). При этом значение параметра $\omega_д$, входящего в эти формулы, дает формула № 6.

Режим совместной работы трансмиссии и ДВС будет определяться точками пересечения нагрузочных характеристик ГМТ и внешних (частичных) характеристик ДВС при их наложении друг на друга.

Гидромеханическая трансмиссия тягача, как известно, обладает свойством саморегулирования. Её параметры однозначно определяются в рамках одной фиксированной передачи в коробке передач и раздаточной коробке входной и выходной частотами вращения. Характер изменения мощности и крутящего момента на колесах тягача практически полностью зависит от характеристики гидротрансформатора. Коррекция параметров ГМТ с целью подстройки на заданный режим совместной работы с ТЭП обеспечивается изменением входной частоты вращения.

Силовые и кинематические связи в тяговом электродвигателе прицепных звеньев определяются характеристиками электрических машин, входящих в его состав. При использовании электропривода постоянного тока эти связи описываются формулой № 7. Тогда сила тяги $F_{тп}$ на колесах прицепного звена может быть подсчитана по формуле № 8, скорость движения АТС — по формуле № 9, эффективная мощность $N_{e_д}$ дополнительного двигателя — по формуле № 10, а его крутящий момент $M_{e_д}$ — по формуле № 11. Тяговые и нагрузочные характеристики электродвигателя мотор-колеса определяют, задаваясь током $J_я$ и частотами вращения ω_z и $\omega_{дп}$.

Аналогично рассчитывают и характеристики для тягового электропривода переменно-постоянного тока, при условии, что $\eta_г$ учитывает потери мощности в генераторе и выпрямителе.

Напряжение U тягового электродвигателя связано с магнитным потоком $\Phi_г$ и частотой вращения $\omega_г$ генератора зависимостью, которую можно записать в виде формулы № 12.

Таким образом, тяговый электропривод можно регулировать изменением трех параметров: магнитного потока и частоты вращения вала электрогенератора генератора, а также магнитного потока электродвигателей. Но тяговый электропривод с трехобмоточным генератором и электродвигателями последовательного возбуждения обладает способностью саморегулирования магнитных потоков электрических машин, поэтому требуемый режим такого электропривода можно получить заданием определенных значений входных и выходных частот вращения. Это свойство используется в двухпоточных трансмиссиях составных транспортных средств.

Нагрузочные и тяговые характеристики тягового электропривода с саморегулированием магнитных потоков электрических машин представлены на рис. 2, на котором видно, что на режиме трогания автопоезда сила $F_т$ тяги, создаваемая электроприводом при постоянном напряжении на обмотке независимого возбуждения генератора (сплошная линия), близка к максимальной и практически не изменяется при изменении частоты вращения вала генератора, а сила тяги $F_{т_т}$ тягача (пунктирные линии) пропорциональна квад-

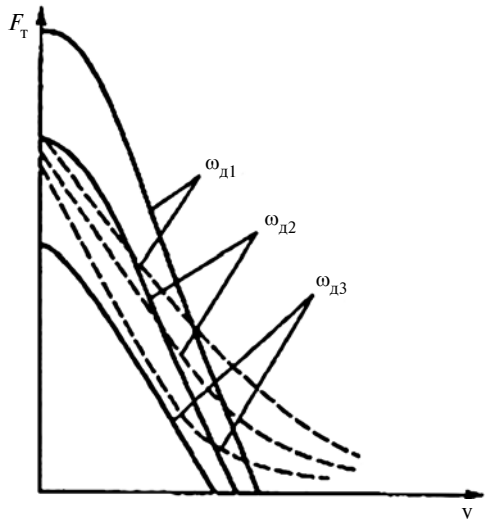


Рис. 2. Тяговые характеристики при работе на низшей передаче

рату частоты вращения насосного колеса гидротрансформатора.

Характеристики различаются и в зоне высоких, близких к единице, передаточных отношений гидротрансформатора, где передаваемый им крутящий момент с ростом скорости движения стремится к нулю, а тяговый электропривод, в соответствии с характеристиками тягового электродвигателя последовательного возбуждения, сохраняет на колесах некоторую силу тяги.

При применении систем автоматического регулирования (САР) можно обеспечить постоянство электрической мощности генератора независимо от скорости движения автопоезда. При задании электрической мощности в функции частоты вращения двигатель-генераторной установки можно получить стабильную нагрузочную характеристику электропривода, лежащую в зоне экономичной работы дополнительного ДВС. В предельном случае можно обеспечить отбор максимальной свободной мощности этого двигателя практически во всем рабочем диапазоне скоростей движения и нагрузок.

Одной из особенностей совместного применения ГМТ и тягового электропривода на составном транспортном средстве с дополнительным двигателем является работа на переходных режимах. Для анализа этой работы воспользуемся уравнением силового баланса при работе двигателя с нагрузкой (формула № 13).

Для двигателя тягача и дополнительного двигателя приведенные моменты $J_{пот}$ инерции практически равны, а моменты $J_{пр}$ вращающихся частей трансмиссии различны (для двигателя тягача $J_{пр}$ = 60...80 Н · м, а для дополнительного двигателя $J_{пр}$ = 1000...1400 Н · м). Этим объясняется увеличенное время разгона дополнительного двигателя под нагрузкой: переходные процессы в нем растягиваются по времени. В итоге синхронизация двигателей по угловой скорости вращения их коленчатых валов при их совместной работе нарушена, что приводит к рассогласованности работы тягача и прицепа. Особенно при разгоне автопоезда.

Чтобы избежать этого, можно применить ступенчатое регулирование угловой скорости $\omega_д$ коленчатого вала дополнительного ДВС. Причем в качестве рабочих выбрать несколько регуляторных характеристик, которые располагаются между характеристиками, соответствующими работе двигателя в режиме малой нагрузки и работе с наибольшей угловой скоростью вращения коленчатого вала, что соответствует работе с нагрузками близкими к максимальным. Остальные же характеристики (промежуточные) должны находиться в зонах наименьших расходов топлива.

Следующий вопрос, который приходится решать при создании автопоезда с дополнительным ДВС, — выбор закона распределения мощности между основным и дополнительным двигателями, т.е. отношения мощности $N_{e_д}$ дополнительного двигателя к мощности N_e двигателя тягача при работе на частичных нагрузках. И здесь изобретать чего-либо нового не надо: давно известно, что одним из принципов согласования работы тепловых двигателей является наиболее полное использование "сцепного веса" составного транспортного средства, характеризуемое коэффициентом $K_{сц_F}$ использования максимальной силы F_{max} тяги по сцеплению. Эта сила подсчитывается по формуле № 14, а коэффициент $K_{сц}$ — по формуле № 15.

Если коэффициент $K_{сц_F}$ равен единице, то это означает, что тяговые силы по сцеплению между звеньями автопоезда реализуются полностью, а если меньше единицы, то такой полноты нет.

Частота вращения вала и крутящий момент асинхронных (трехфазных короткозамкнутых) электродвигателей можно регулировать, как известно, двумя способами: либо изменением частоты и величины подводимого напряжения, либо изменением числа пар полюсов статора. Но в нашем случае целесообразен именно первый способ, поскольку он может быть осуществлен вариацией скоростного и мощностного режимов ДВС тягача. Причем нужно иметь в виду, что для обеспечения широкого регулирования характеристики электропривода переменного тока в схеме управления наличие специальных преобразователей частоты (переменные управляемые вентили или электромагнитные преобразователи) обязательно.

Связь между напряжением, частотой и моментом асинхронного тягового электродвигателя выражается формулой № 16.

Учитывая, что $N_д = N_{нд}$, значение любой частоты (f и $f_н$) равно произведению $\Phi_{нд}\,\Phi_д^2$, получаем формулу № 17.

С увеличением сопротивления движению автопоезда скорость $v_а$ его движения будет уменьшаться, момент на колесах тягача ввиду приспособляемости ДВС будет возрастать. В связи с этим за счет синхронного согласованного снижения $U_д$ и f будет уменьшаться скорость вращения мотор-колес, а тяговый момент — возрастать.

Как и при анализе распределения мощности в электроприводе постоянного и постоянно-переменного тока, так и при электротрансмиссии переменного тока наиболее целесообразным является распределение крутящих моментов на мотор-колесах пропорционально "сцепному весу" (формула № 18).

Для кинематического согласования электропривода к мотор-колесам с трансмиссией тягача необходимо определить передаточное число $i_р$ редукторов мотор-колес $i_{бп}$ (алгоритм ее вычисления предложен Д.А. Антоновым) и сводится к следующему.

1. Записывается формула № 19 для частоты $n_{к.п}$ вращения колёс прицепа.

2. Приняв, что колеса тягача и прицепного звена одинаковые, преобразуем эту формулу в формулу № 20.

3. Записываем формулу № 21 для передаточного числа редуктора мотор-колеса.

4. При известном генераторе передаточное число $i_{ред}$ согласующего редуктора, установленного между ним и ДВС тягача, дает формула № 22, частоту $f_г$ магнитного поля генератора — формула № 23, а частоту вращения магнитного поля статора — формула № 24. Тогда формула № 21 принимает вид формулы № 25.

УДК 621.43.065.4 (088.8)

ГЛУШИТЕЛЬ ШУМА ГАЗОВОГО ПОТОКА

Канд. техн. наук **Н.В. ФИЛАТОВ**
Серебряковский филиал ВолгГАСУ (8.904. 411-14-60)

Рассматривается принцип построения глушителя отработавших газов ДВС, основанный на интерференции звуковых волн.

Ключевые слова: *глушитель, интерференция, разделение газового потока.*

Filatov N.V.
MUFFLER GAS FLOW

Principle of construction of muffler for internal combustion engines based on interference sound waves is considered.

Keywords: *muffler, interference, separation of gas flow.*

Устройства, позволяющие снижать шумность газового потока за счет интерференции звуковых волн, известны давно. Принцип их работы довольно простой: газовый поток разделяется на две или несколько частей, которые затем смешиваются, "гася" создаваемые при этом звуковые волны. Однако такие устройства имеют статичные, узконаправленные в частотном отношении характеристики, т.е. оправдывают себя лишь при стационарном по расходу и скорости движения потоке. Поэтому применить их на машинах и механизмах, создающих газовый поток, частота звуковых колебаний в котором изменяется в зависимости от режимов работы, нельзя. Типичный тому пример — автомобильный ДВС: он в большинстве случаев четырехтактный, следовательно, частота f звуковых колебаний в его системе выпуска отработавших газов подчиняется закону: $f = 30nz$, где n — частота вращения коленчатого вала, z — число цилиндров, 30 — переводной коэффициент.

Как видим, эта формула содержит переменную n, что означает: частота звуковых колебаний в газовом потоке зависит от режима работы двигателя, т.е. при движении автомобиля не может оставаться постоянной.

Тем не менее анализ показывает, что принцип интерференции звуковых колебаний можно реализовать и на ДВС. Для этого "начинку" глушителя выполнить управляемой в соответствии с изменением частоты вращения коленчатого вала.

Такой глушитель должен представлять собой (а. с. № 380851, СССР) полый цилиндр, в торцах которого, как обычно, предусмотрены патрубки для подвода и отведения газового потока, а во внутренней части — две камеры. В первой из них поток отработавших газов разделяется на несколько частей: одна часть идет напрямую во вторую камеру, а остальные попадают во вторую по гибким трубкам разной длины, расположенным по винтовой линии относительно центральной части устройства и, соответственно, проходящей больший путь относительно оси цилиндра. Длины L_i прямой и винтовой трубок разные, поэтому и пути, которые проходят газы до второй камеры, тоже разные. (Они подчиняются закону $L_i = L_n/\cos\alpha$, где L_n — длина трубок устройства, α — угол наклона соответствующей трубки к оси цилиндра.) Очевидно, что разность ΔL путей частей газового потока будет соответствовать формуле: $\Delta L = L_n(1 - \cos\alpha)$, т.е. находиться в прямой зависимости от угла α наклона трубок: чем он больше, тем больше ΔL разность ходов и тем, следовательно, большая длина волны заглушаемой частоты (ниже частота звуковых колебаний).

Отсюда напрашивается вывод: если применить устройство, позволяющее изменять угол наклона гибких трубок синхронно с изменением частоты вращения коленчатого вала, то можно обеспечить достаточно эффективное заглушение звуковых колебаний на выходе выпускной системы ДВС.

Для повышения эффективности шумопонижения предпочтительно, чтобы объемы газов, проходящих различные пути от момента разделения до момента их соединения, были равны между собой, для чего проводимости этих путей должны быть по возможности равны, т.е. проходные сечения прямого и обводных каналов должны находиться в прямой зависимости от длины потоков. Иными словами, общая площадь проходных сечений поворотных трубок должна быть больше площади прямоточного пути в прямой зависимости от длин путей прохождения частей потока.

УДК 629.11-592.001.4

ТОРМОЗНАЯ СИЛА АВТОМОБИЛЬНОГО КОЛЕСА И МЕХАНИЗМ ЕЕ ОБРАЗОВАНИЯ

В.И. КОПОТИЛОВ
Тюменское высшее военно-инженерное командное училище
имени маршала инженерных войск А.И. Прошлякова (8.912. 920-88-23)

На основе анализа процесса торможения колеса и его взаимодействия с автомобилем и опорной поверхностью раскрывается механизм образования тормозной силы. Доказывается, что вектор тормозной силы колеса — это не продольная реакция дороги, а продольная сила, приложенная к оси колеса и направленная в сторону, противоположную вектору скорости его движения.

Ключевые слова: *тормозная сила, тормозной момент, продольная реакция дороги, колесо, опорная поверхность, автомобиль.*

Kopotilov V.I.
VEHICLE WHEEL BRAKING FORCE AND THE MECHANISM OF ITS FORMATION

Based on the analysis of the braking wheel and its interaction with the vehicle and the supporting surface is disclosed the mechanism of the broke force. It is proved that the vector brake force of the wheel is not longitudinal road reaction, but the longitudinal force applied to the wheel axle and direction opposite to the velocity vector of its movement.

Keywords: *brake force, braking moment, longitudinal response of the road, bearing surface, vehicle.*

Описание взаимодействия колеса, оснащенного пневматической шиной, с опорной поверхностью (дорогой) — довольно сложная научная проблема, до сих пор не получившая, к сожалению, своего полного разрешения. К числу таких нерешенных проблем относится вопрос о тормозной силе колеса и роли продольной реакции опорной поверхности в процессе торможения автомобиля.

Так, подавляющее большинство специалистов [1, 2 и др.] по теории движения колесных машин рассматривает тормозную силу $P_т$ коле-

№ формулы	Формула	Примечания
1	$P_т = \frac{M_т}{r}$	$M_т$ — тормозной момент; r — радиус колеса
2	$P_{т_{max}} = R_z \varphi_x$	R_z — нормальная реакция опорной поверхности; φ_x — продольный коэффициент сцепления
3	$P_j = m_к j_о$	$m_к$ — масса колеса; $j_о$ — его линейное ускорение
4	$M_\varepsilon = J_к \varepsilon_о$	$J_к$ — осевой момент инерции колеса; $\varepsilon_к$ — угловое ускорение колеса
5	$R_x - P_j - Q = 0$	R_x — продольная реакция опорной поверхности; P_j — сила инерции поступательного движения колеса; Q — продольное усилие корпуса
6	$R_z - G_к = 0$	$G_к$ — вертикальная нагрузка на колесо
7	$J_к \varepsilon + R_z r_д - M_т - R_z a = 0$	$r_д$ — динамический радиус колеса; a — смещение вектора нормальной реакции
8	$R_x = \frac{M_т}{r_д} + R_z f - J_к \frac{j_о}{r_к r_д}$	$f = a/r_д$ — коэффициент сопротивления качению; $r_к$ — кинематический радиус колеса
9	$P_т = P_A = \frac{M_т}{r_д}$	—
10	$P_\varepsilon = \frac{M_\varepsilon}{r_д}$	—
11	$P_f = \frac{M_f}{r_д}$	—
12	$P_ш = P_A + P_f - P_\varepsilon$	—
13	$Q + P_\varepsilon + P_j - P_т - P_f = 0$	—
14	$P_т = Q + P_\varepsilon + P_j - P_f = 0$	—
15	$N_{тор} = P_т v_о = -P_т v_о$	$v_о$ — скорость движения оси вращения колеса
16	$P_{т_\Sigma} = \sum_{i=1}^{n} P_{т_i}$	$P_{т_i}$ — вектор тормозной силы i-го колеса; n — число колес
17	$l_т = \frac{L P_{т_{пер}}}{P_{т_{пер}} + P_{т_{задн}}}$	L — база автомобиля; $P_{т_{пер}}$, $P_{т_{задн}}$ — тормозная сила передних и задних колес соответственно
18	$P_и = P_j + P_\varepsilon = j_о m_к + \frac{J_к \varepsilon_к}{r_д} = j_о m_к \left(1 + \frac{J_к}{m_к r_д r_к}\right)$	—
19	$\delta_к = 1 + \frac{J_к}{m_к r_д r_к} \approx 1 + \frac{J_к}{m_к r_д^2}$	—
20	$P_и = j_о m_к \delta_к$	—
21	$j_о = \frac{P_т + P_f + Q}{m_к \delta_к}$	—

са как силу трения сцепления, лежащую в пятне контакта шины с опорной поверхностью и направленную против движения автомобиля. И при служебных торможениях её величину рассчитывают путем деления момента, создаваемого силами трения в тормозном механизме, т.е. тормозного момента $M_т$, на радиус r колеса (формула № 1 в таблице), а ее максимальное значение ($P_{т\ max}$) — по формуле № 2. Однако такой подход не имеет достаточного теоретического обоснования. Более того, он вступает в противоречие с существованием продольной реакции R_x дороги, а также понятием "механическая работа" [3]. Поэтому надо как-то по-новому осмыслить значение и роль реакции R_x и установить ту силу, которая, не вступая в конфликт с этой реакцией, в полной мере может называться тормозной силой колеса. Что и попытался сделать автор, рассуждения которого сводились к следующему.

При прямолинейном движении автомобиля по плоской горизонтальной и недеформируемой поверхности качение его колеса представляет собой плоскопараллельное перемещение с некоторым отрицательным линейным (j_o) и угловым (ε_k) ускорениями. К оси колеса со стороны автомобиля прикладываются продольная сила Q корпуса, а также часть его силы $G_а$ тяжести, которая в сумме с силой $G_к$ тяжести ведущего колеса создает вертикальную осевую нагрузку $G_к$. При этом сила Q направлена в сторону движения автомобиля, т.е. для колеса она — сила толкающая. Со стороны же тормозного механизма к колесу подводится пара сил с моментом $M_т$, а со стороны опорной поверхности колесо подвергается воздействию нормальной R_z и продольной R_x реакций. Кроме того, колесо, имея массу $m_к$ и осевой момент инерции $J_к$, испытывает действие собственных сил P_j инерции поступательного и момента M_ε сил инерции вращательного движения, численные значения которых дают формулы № 3 и 4 соответственно.

При этом сила P_j, как и сила Q, толкает колесо вперед, стремясь продолжить его поступательное движе-

ние, а инерционный момент M_ε, совпадая с направлением угловой скорости $\omega_к$ его вращения, — продолжить это вращение. В итоге и образуется система сил, которая представлена на рис. 1. При такой системе сил состояние колеса описывается совокупностью трех уравнений, два из который отражают движение полюса O (центра колеса), а одно — вращение колеса вокруг оси, проходящей через этот полюс. Поэтому, в соответствии с принципом Даламбера, в неподвижной системе координат xOz можно составить два уравнения проекций всех перечисленных сил на оси x и z (формулы № 5 и 6). Третьим же уравнением будет уравнение моментов (формула № 7). Тогда, решая уравнение № 7 относительно силы R_x, получаем формулу № 8 для расчета продольной реакции R_x.

Далее. Если тормозящее колесо рассматривать как отдельное тело, то замедление его движения, очевидно, возможно лишь за счет действия какой-то внешней продольной силы, направленной против его движения. На первый взгляд, в исходной системе сил (см. рис. 1) такой силой является продольная реакция R_x опорной поверхности, прикладываемая к колесу в пятне его контакта. Поэтому специалисты и стали считать продольную реакцию (некоторые — ее часть) тормозной силой. Однако эта реакция в процессе торможения работы не совершает и не "гасит" кинетическую энергию автомобиля, поэтому ее нельзя рассматривать в качестве тормозной силы колеса. Но коль скоро это так, то возникает вопрос: что же замедляет движение автомобиля?

Чтобы ответить на него, некоторые специалисты считают, что есть выполняющий эту функцию тормозной момент $M_т$ (точнее, пара сил с моментом $M_т$). Однако никакой тормозной момент сам по себе не может вызвать замедление колеса, так как главный вектор пары сил всегда равен нулю. Следовательно, он в полном соответствии с теоремой о движении центра масс механической системы [4], не может вызывать замедление центра масс колеса.

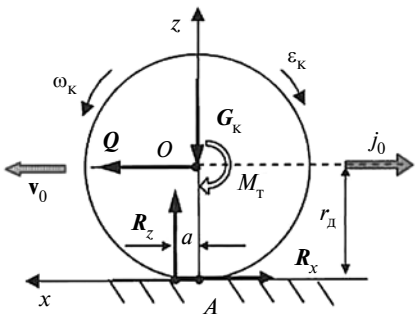


Рис. 1. Схема сил при торможении колеса

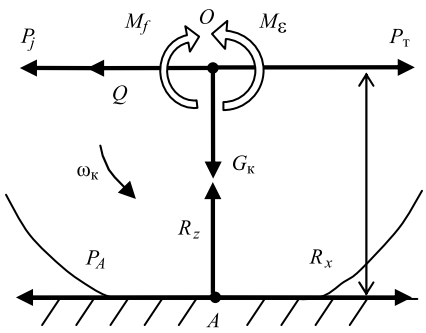


Рис. 2. Эквивалентная схема сил

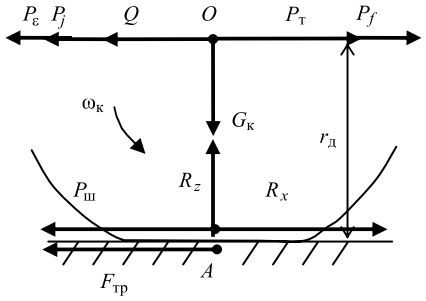


Рис. 3. Система приведенных сил

Таким образом, возникает парадокс: тормозящее колесо катится с замедлением, а силы, вызывающей это замедление и гашение кинетической энергии, нет!

Чтобы разрешить этот парадокс и получить тормозную силу, исходную систему сил (см. рис. 1) приведем к другой, но эквивалентной системе, в которой такое усилие присутствует в явном виде. Для чего пару сил с моментом $M_т$, подводимую к колесу, представим (рис. 2) в виде системы из двух равных, параллельных и противоположно направленных продольных сил, одна из которых приложена к опорной части колеса по направлению движения автомобиля (но против направления вращения колеса), а другая — к его оси в противоположном направлении. Величину этих сил определим путем деления тормозного момента $M_т$ на плечо пары (расстояние между параллельными линиями действия двух указанных сил), т.е. на динамический радиус $r_д$ колеса (формула № 9).

Кроме того, совершим параллельный сдвиг вектора реакции R_z на расстояние a так, чтобы линия его действия пересекала ось вращения колеса. Но, чтобы такой сдвиг был корректным, к системе сил добавим пару сил с моментом M_f, равным моменту переносимой силы относительно новой точки A её приложения, т.е. $M_f = aR_z$. Затем каждую пару сил с моментами M_ε и M_f, так же как и предыдущую пару, представим в виде системы двух сил, которые действуют на том же самом плече $r_д$ и приложены к точкам O и A. При этом значения сил двух этих пар дадут формулы № 10 и 11 соответственно.

В результате система продольных сил, действующая на ось тормозящего колеса, будет состоять (рис. 3) из пяти сил — $P_т$, Q, P_j, P_ε и P_f, две ($P_т$ и P_f) из которых направлены против движения, а три (Q, P_ε и P_j) — в сторону движения. Причем в точке A шины в плоскости ее контакта с опорной поверхностью прикладываются силы $P_т$, P_ε и P_f, из которых две ($P_т$ и P_f) направлены в сторону движения, а одна (P_ε) — против. Сумма этих трех сил дает так называемую окружную силу $P_ш$ колеса, величину которой можно определить по формуле № 12.

Эта сила, действуя на плече $r_д$, стремится провернуть колесо вокруг оси его вращения и тем самым сдвинуть его неподвижную опорную часть относительно опорной поверхности в сторону движения, вследствие чего протектор шины создает силу $F_{тр}$ трения сцепления, которая при отсутствии скольжения шины по опорной поверхности численно равна окружной силе $P_ш$, т.е. $F_{тр} = P_ш$.

Сила $F_{тр}$, прикладываемая к опорной поверхности, вызывает ответную продольную реакцию R_x, которая, будучи силой трения, действует на колесо в зоне его контакта с опорной поверхностью. И так как $F_{тр}$ — сила действия, а R_x — сила противодействия, то эти силы всегда равны по величине ($R_x = F_x$). В результате получается, что при отсутствии скольжения протектора шины все три силы равны ($R_x = F_{тр} = P_ш$). И поскольку к опорной части шины прикладываются две равные по модулю, но противоположно направленные продольные силы R_x и $P_ш$, которые, как и силы $G_к$ и R_z, уравновешивают друг друга ($\vec{R}_x + \vec{P}_ш = 0$), то это предотвращает скольжение шины, в результате чего колесо получает неподвижную точку A (точнее, зону) опоры. В этом случае режим качения колеса непосредственно определяют только те продольные силы, которые приложены к оси его вращения. То есть сила $P_т$, которая вместе с силой P_f сопротивления качению уравновешивает три (Q, $P_ε$ и P_j) продольные силы, стремящиеся продолжить движение колеса.

Из двух сил ($P_τ$ и P_f), вызывающих сопротивление движению колеса, искусственно создаваемой силой является сила $P_т$: ее порождает тормозной механизм, развивающий пару сил трения с моментом $M_т$, величину которого регулирует водитель автомобиля. При этом совершенно очевидно, что продольная сила $P_т$, приложенная *к оси* колеса, совершающего торможение, и является его *тормозной силой*, т.е. силой искусственного сопротивления движению, как ее и определяет ГОСТ 22895—77.

Проецируя все силы, приложенные к оси колеса, на продольную ось x и приравнивая сумму проекций нулю, получаем уравнение силового баланса колеса при его торможении (формулу № 13), из которого следует формула № 14.

Очевидно, что сила $P_т$, являясь одной из сил пары ($P_т$, P_A) с крутящим моментом $M_т$, становится тормозной силой только при взаимодействии колеса с *опорной поверхностью*, в результате которого вторая сила (P_A) подводимой пары уравновешивается продольной реакцией R_x опорной поверхности. Именно это и дает возможность первой силе, приложенной к оси колеса, т.е. $P_т$, реализоваться в виде тормозного усилия. Поэтому всякий отрыв тормозящего колеса от опорной поверхности приводит к невозможности образования тормозной силы $P_т$, так как сама по себе пара сил с моментом $M_т$, как уже отмечалось выше, не может вызывать изменение в движении центра масс колеса, следовательно, и автомобиля, что хорошо известно как из теории, так и из практики эксплуатации колесных машин.

Тормозная сила $P_т$, приложенная к оси колеса, действуя относительно мгновенного центра A на плече $r_д$, получает возможность создавать момент сопротивления движению и совершать работу. При этом количество работы в единицу времени, т.е. мощность $N_{тор}$ этой силы, выражает формула № 15.

И еще одно важное обстоятельство. Тормозная сила $P_т$ по отношению к колесу — это усилие внешнее, поскольку создается тормозным механизмом. Но сам механизм — неотъемлемая часть автомобиля, следовательно, по отношению ко всей механической системе, т.е. автомобилю, $P_т$ — сила *внутренняя*, а источник работы, выполняемой ею — запас кинетической энергии, которым автомобиль обладает перед началом торможения. То есть с энергетической точки зрения колесо при торможении выступает средством трансформации кинетической энергии в механическую работу с последующей ее трансформацией в теплоту, которая в конечном итоге, как известно, рассеивается в окружающем пространстве.

Установив тормозную силу отдельного колеса, приходим к очевидному выводу: при прямолинейном движении *тормозной силой* $P_{тΣ}$ *автомобиля* является векторная сумма тормозных сил $P_{т_i}$ всех тормозящих колес автомобиля (формула № 16). В случае симметрии этих сил вектор $P_т$ автомобиля располагается на продольной оси, расположенной на равном расстоянии от левых и правых колес на высоте их динамического радиуса. При этом их центр, т.е. точка приложения тормозной силы $P_{тΣ}$, размещается между передними и задними колесами. Например, у двухосного автомобиля он отстоит от задней оси на расстоянии $l_т$ (формула № 17).

В заключение отметим, что существование внутренней тормозной силы $P_{тΣ}$, как и силы тяги, не противоречит теореме о движении центра масс машины, если ее колеса взаимодействуют с опорной поверхностью [5, 6].

Теперь рассмотрим силы $P_ε$ и P_j инерции, противодействующие тормозной силе колеса, а также силу P_f сопротивления качению при торможении. Очевидно, что силы $P_ε$ и P_j направлены в сторону движения, поэтому их можно рассматривать как силы движущие. При $P_т + P_f = Q$ колесо катится равномерно, и этих сил нет ($P_ε = 0$ и $P_j = 0$). При $(P_т + P_f) > Q$ тормозящее колесо замедляется, т.е. $P_ε \neq 0$ и $P_j \neq 0$.

Учитывая общую физическую природу сил инерции, их сумму можно свести к одной приведенной (суммарной) силе инерции $P_и$, модуль которой дает формула № 18. Если ввести коэффициент $δ_к$ приведения вращающихся масс колеса (формула № 19), то значение силы $P_и$ можно выразить формулой № 20, в которой учтено, что угловое ускорение $ε_к$ колеса связано с линейным ускорением $j_о$ его оси соотношением $ε_к = j_о/r_к$.

Продольная сила $P_f = M_f/r_д$, приложенная к оси колеса, — одна из двух сил пары с моментом M_f направлена против вектора скорости $v_о$ продольного перемещения оси колеса. Именно эта сила, обусловленная сопротивлением качению колеса, и представляет собой не что иное, как силу сопротивления качению [7].

Таким образом, продольные силы $P_т$, P_f и Q, прикладываемые к оси колеса, и определяют величину его замедления $j_о$. Исходя из формулы № 14 и учитывая формулу № 20, уравнение для этого замедления можно записать в виде формулы № 21, из которой следует, что тормозная сила $P_т$, развиваемая колесом автомобиля (точнее, тормозным механизмом посредством колеса), придает ему линейное замедление, величина которого тем больше, чем больше значение $P_т$. Причем, согласно формуле № 9, значение самой тормозной силы прямо пропорциональна тормозному моменту $M_т$, что означает: увеличение $M_т$ повышает способность колеса развивать замедление. При этом рост тормозной силы $P_т$ обеспечивается не только увеличением $M_т$, но и соответствующим ростом окружной силы $P_ш$, которая передается опорной поверхности в виде продольной силы $F_{тр}$ трения. Однако при увеличении $M_т$ нарастание силы $F_{тр}$ (следовательно, и реакции R_x) происходит только до тех пор, пока эта сила не достигает своего предела $F_{тр\ max} = R_z\varphi_x$. Затем колесо, как известно, переходит в режим скольжения, при котором вектор $\vec{v}_s$ скорости скольжения направлен в сторону движению автомобиля. В итоге прекращается рост не только продольной реакции R_x, но и окружной силы $P_ш$, критическое значение которой $P_{ш\ \varphi}$ (по условиям сцепления), в свою очередь, ограничивает величину как силы P_A, как и тормозной силы $P_т$, которые образуют силовую пару. При этом любая попытка увеличить значение тормозной силы $P_т$ сверх $P_{ш\ \varphi}$ за счет повышения тормозного момента $M_т$ успеха не имеет (если последний каким-то образом не способствует улучшению сцепления шины с опорной поверхностью), а приводит к блокированию колеса и увеличению скорости его скольжения от $v_s = 0$ до скорости $v_а$ движения автомобиля ($v_s = v_а$).

При блокировании колеса его взаимодействие с опорной поверхностью качественно изменяется. Оно перестает выполнять свою специфическую функцию — преобразование движения: потеряв свободу вращения и двигаясь поступательно, колесо становится частью поступательно движущейся массы автомобиля, которая, вследствие контакта с опорной поверхностью, скользит по ней. При этом продольная реакция R_x представляет собой силу трения скольжения ($R_x = F_{тр\ max} = R_z\varphi_x$). В такой ситуации его тормозной силой, как и любого скользящего тела, следует считать уже силу трения скольжения, т.е. $F_{тр\ max}$. Величина этой силы определяется коэффициентом φ_x продольного сцепления ($F_{тр\ max} = R_z\varphi_x$), который определяет также и предельную величину тормозного момента ($M_{тр\ max} = R_z\varphi_x r_д$).

Итак, анализ сил, приложенных к колесу при его торможении, позволяет сделать следующие основные выводы.

Во-первых, тормозная сила $P_т$ колеса — это продольная сила, приложенная к *оси* его вращения. Она является одной из сил пары с моментом $M_т$, создаваемым тормозным механизмом колеса. При этом вектор $\vec{P}_т$ реализуется в виде тормозной силы только благодаря образованию продольной реакции R_x опорной поверхности, которая уравновешивает другую силу (P_A) этой пары, приложенную к колесу в зоне его контакта с опорной поверхностью. При отсутствии продольной реакции R_x из-за потери контакта с этой поверхностью образование тормозной силы $P_т$ колеса принципиально *невозможно*.

Во-вторых, тормозная сила $P_т$ — это *внутренняя* сила автомобиля, которая выполняет механическую работу, а также создает *внутренний* силовой импульс, благодаря чему поглощается кинетическая энергия автомобиля и уменьшается количество его движения.

В-третьих, при движении по горизонтальной опорной поверхности в качестве источника механической работы, совершаемой тормозной силой $P_т$ колеса, служит кинетическая энергия автомобиля, а при движении под уклон — и его потенциальная энергия.

В-четвертых, при служебных торможениях величина тормозной силы $P_т$ колеса прямо пропорциональна величине тормозного момента $M_т$, развиваемого тормозным механизмом, и обратно пропорциональна *динамическому* радиусу $r_д$ колеса. При этом тормозная сила благодаря увеличению тормозного момента $M_к$ колеса может беспрепятственно возрастать до тех пор, пока сила $F_{тр}$ трения шины, создаваемая тормозящим колесом и прикладываемая к опорной поверхности, не достигает своего предела по сцеплению, равного $F_{тр\ max} = R_z\varphi_x$.

В-пятых, если сила $F_{тр}$ достигает предела по сцеплению и колесо блокируется, то тормозной силой становится продольная реакция $R_x = F_{тр\ max} = R_z\varphi_x$ опорной поверхности, которая, являясь силой трения скольжения, совершает отрицательную работу и тем самым гасит кинетическую энергию автомобиля.

Литература

1. Михайловский Е., Цымбалин В. Теория трактора и автомобиля. Учебное пособие для вузов. — М.: Сельхозиздат, 1960. — 336 с.
2. Фалькевич Б.С. Теория автомобиля. — М.: Машгиз, 1963. — 239 с.
3. Копотилов В.И. О тормозной силе автомобильного колеса с позиций теоретической механики // Проблемы качества и эксплуатации автотранспортных средств: Эксплуатация и развитие автомобильного транспорта: Материалы X междунар. заочн. научн.-техн. конф. 15 мая 2015 г., Пенза / Редкол. Э.Р. Домке и др. — Пенза: НГУАС, 2015. — С. 169...174.
4. Тарг С.М. Краткий курс теоретической механики. — М.: Высшая школа, 2002. — 416 с.
5. Копотилов В.И. О движении механической системы за счет внутренних сил // Механика и процессы управления: Материалы Всероссийской научно-практической конференции (г. Тюмень, 22 апреля 2015 г.). — Тюмень, 2015. — С. 54...61.
6. Копотилов В.И. Сила тяги и механизм ее образования // Автомобильная промышленность. 2015. № 7. С. 4...9.
7. Копотилов В.И. Сила сопротивления качению колеса и механизм ее образования // Грузовик, 2014. № 12. С. 10...15.

УДК 629.113.004

ОЦЕНКА КАЧЕСТВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ АВТОСЕРВИСА

Канд. техн. наук **Д.М. ЛЫСАНОВ**, **Т.В. ШВЕЁВА**
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) ФУ (8552. 39-71-40)

Рассмотрена методика, позволяющая объединить разноразмерные технико-экономические показатели технологического оборудования в один безразмерный интегральный показатель — коэффициент качества, по которому можно объективно оценить конкурентные модели оборудования для автосервиса.

Ключевые слова: *качество, технологическое оборудование, автосервис, техническое перевооружение, конкуренция, интегральный коэффициент.*

Lysanov D.M., Shveeva T.V.
ASSESSMENT OF QUALITY OF PROCESSING EQUIPMENT FOR CAR SERVICE

The technique allowing to unite various the technician — economic indicators of processing equipment in one dimensionless integrated indicator — coefficient of quality on which it is possible to estimate competitive models objectively for equipment for car service is considered.

Keywords: *quality, processing equipment, car service, modernization, competition, integrated coefficient.*

Очевидно, что внедрение современных технологических процессов невозможно осуществить без применения новых видов оборудования, средств механизации и инструмента. Более того, даже при сохранении традиционных технологий процесс обновления существующего оборудования и оснащения предприятий недостающими его моделями тоже невозможно. Ведь он должен идти постоянно и непрерывно [1], поскольку неизбежны моральный и физический его износы, старение его отдельных образцов оборудования, изменение производственных программ и т.п.

Всё сказанное в полной мере относится и к предприятиям автосервиса. Причём содержание выполненных ими работ меняется очень быстро — синхронно с изменением модельных рядов АТС. Отсюда и тот неприятный факт, который наблюдается сегодня на многих российских сервисных предприятиях: номенклатура и количество имеющегося у них оборудования не удовлетворяет фактическим потребностям производства (средняя оснащенность технологическим оборудованием по его стоимости составляет 45...50 % [2], необходимой для удовлетворения требований потребителя).

Естественно, внедряя новое оборудование, предприятие тем самым обеспечивает и собственное благополучие: на рынке спрос находит лишь конкурентоспособный товар (в данном случае — услуги), т.е. товар, который по комплексу качественных показателей превосходит аналоги, а его цена с точки зрения потребителя соответствует заложенному в этом товаре уровню качества. Поэтому предприятие, планирующее внедрить новые технологические процессы, должны уметь оценивать качество осуществляемых им услуг на существующем и внедрённом оборудовании.

Методов такой оценки много. Но наиболее эффективным из них, по мнению авторов, является метод, основанный на определении интегрального коэффициента (метод "профилей"), где под понятием "профиль" изделия подразумевается графическое изображение выбранных технико-экономических показателей изделия по определенным правилам. Именно с его помощью легче всего оценить уровень качества любых, в том числе и конкурирующих изделий путем сравнения их "профилей": чем больше площадь профиля, тем выше качество объекта. При этом очень важно, что "профиль" позволяет изобразить разноразмерные показатели изделий на одном оценочном поле и объединить их в интегральный показатель качества.

"Профиль качества" строится с соблюдением следующих принципов.

1. В условиях конкуренции на рынке каждый технико-экономический показатель изделия имеет существенное значение и нельзя особо выделять какой-то из них: все свойства изделия, характеризующие его качество, важны для потребителя.

2. Все показатели имеют одинаковый "вес", и оценочное поле делится на равные области, число которых равно числу оценочных параметров. (Многие технико-экономические показатели изделий тесно взаимосвязаны, и придание большего "веса" какому-то из них может привести к усилению влияния этого показателя на интегральный показатель.)

3. Оценочное поле по вертикали делится на $(n - 1)$ равных частей, где n — число технико-экономических показателей, выбранное исходя из предпочтений потребителей, а его ширина H выбирается произвольно.

4. Шкалы отдельных показателей градуируются так, чтобы все их значения располагались между выбранными минимальным и максимальным значениями.

5. Каждый технико-экономический показатель объекта откладывается на делительной шкале, и чем лучше его значение, тем правее оно располагается на делительной шкале.

6. При построении различают прямые и обратные показатели: если при увеличении значения показателя качество изделия улучшается, то он остаётся прямым, в противном случае — обратным.

Для построения "профиля качества" оборудования выбираются индивидуальные, наиболее значимые оценочные критерии, обеспечивающие выполнение требований потребителей к данному виду оборудования, и прямоугольное оценочное поле. Например, для оценки тормозных стендов, входящих в состав диагностических линий, рекомендуется принимать показатели качества, приведенные в табл. 1.

В "профиль" может быть включено любое число параметров, которые с точки зрения потребителей наиболее значимы для данного вида технологического оборудования. Причём надо иметь в виду, что с увеличением их числа достоверность оценки повышается.

Качество технологического оборудования, как уже упоминалось, может быть оценено интегральным безразмерным показателем $K_к$, значение которого представляет собой относительную площадь "профиля", построенного внутри оценочного прямоугольника по технико-эксплуатационным, экономическим, нормативно-правовым и любым другим показателям. Причём во всех случаях оно определяется по одной и той же формуле № 1 (табл. 2). При этом $S_{пр}$ дает формула

Таблица 1

Показатель	Тип показателя	Стенд (фирма, страна)		
		BDE 4004 ("Картек", Германия)	FVP 2 (CEMB, Италия)	СТС-13У-СП-11 (ГАРО, Россия)
Допустимая нагрузка на ось АТС, т	Прямой	18	16	13
Диаметр его колес, мм	То же	500...1300	520...1300	520...1300
Ширина колеи по роликам, мм	–"–	1000...3000	800...2850	800...2800
Коэффициент сцепления шин с роликами	–"–	0,9	0,9	0,8
Скорость вращения роликов, км/ч	–"–	2,6	2,5	2,2
Диапазон измерения:	Прямой			
нагрузка на ось, т		0...18	0...16	1...13
тормозных сил, кН		8...40	0...40	5...30
усилия на органе управления, Н		0...1000	0...1000	100...1000
Давление в пневмоприводе, кПа		0...1200	0...1300	200...1000
Время срабатывания, с	Обратный	1,1	1,1	1,5
Геометрические размеры роликов, мм:				
длина	То же	1000	1000	1235
диаметр	–"–	300	300	301
межосевое расстояние	–"–	500	500	560
Мощность электродвигателя, кВт	Прямой	11	11	7,5
Напряжение электропитания, В	Обратный	400	380	380
Масса, кг	То же	1320	1300	1200
Производительность автомобилей в смену	Прямой	36	34	30
Цена, тыс. руб.		925	1147	733

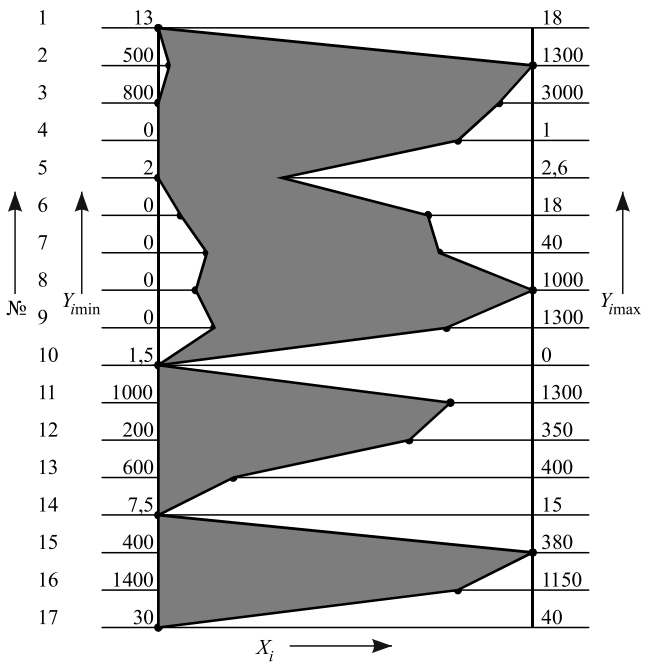
Таблица 2

№ формулы	Формула	Примечания
1	$K_к = \frac{S_{пр}}{S}$	$S_{пр}$ — площадь, ограниченная профилем; S — площадь оценочного прямоугольного поля
2	$S_{пр} = h\,(X_1/2 + X_2 + ... + X_{n-1} + X_n/2)$	h — произвольное расстояние между делительными шкалами; X_1, ..., X_n — координаты вершин профиля; n — число вершин профиля
3	$S = h\,(n - 1)\,H$	H — ширина оценочного поля
4	$K_к = \frac{0{,}5X_1 + X_2 + ... + X_{n-1} + 0{,}5X_n}{H(n-1)}$	—
5	$K_к = \frac{0{,}5Y_1 + Y_2 + ... + Y_{n-1} + 0{,}5Y_n}{n-1}$	Y_1, ..., Y_n — расчетные величины
6	$Y_{i_{пр}} = \frac{П_i - П_{i_{min}}}{П_{i_{max}} - П_{i_{min}}}$	$П_{i_{max}}$ и $П_{i_{min}}$ — граничные значения i-го показателя
7	$Y_{i_{обр}} = \frac{П_{i_{max}} - П_i}{П_{i_{max}} - П_{i_{min}}}$	$П_i$ — значение i-го показателя оцениваемого изделия (показатель 1)
8	$Y_{i_{12}} = \frac{П_{i_2} - П_{i_1}}{П_{i_{max}} - П_{i_{min}}}$	$П_{i_1}$, $П_{i_2}$ — начальное и конечное значения i-го показателя, если исследуется диапазон, в котором могут изменяться значения показателя, причем $П_{i_1} < П_{i_2}$ (показатель 2)

№ 2, а значение S — формула № 3. Тогда формула для определения интегрального коэффициента качества приобретает вид формулы № 4.

Исходные данные для построения профилей качества тормозных стендов и полученные по этой формуле значения коэффициентов качества приведены в табл. 3. Как из неё видно, если рассматривать стенды в целом, то наибольшее значение $K_к$ имеет итальянский стенд ($K_к$ = 0,708065). Второе место занимает немецкий стенд ($K_к$ = 065951) и третье — российский ($K_к$ = 0,580071). Но при построении "профиля" показатели качества можно сгруппировать по характерным признакам или свойствам изделия (по технико-эксплуатационным, нормативно-правовым, экономическим показателям и т.д.) и определить коэффициент качества по каждой группе показателей. Например, если все экономические показатели изделия свести в одну группу, то можно рассчитать коэффициенты качества для тех же тормозных стендов и сделать вывод: какой из этих стендов лучше всего подходит для конкретного предприятия. Кроме того, можно то же самое проделать и для показателей других групп. И этот вывод полностью совпадает с выводами, сделанными экспертами, работающими на автотранспортных и сервисных предприятиях. И сравнив их значения, определить сильные и слабые места изделия.

Пример такого группирования приведён на рисунке. Он относится к стенду ГАРО СТС 13У-СП-11. На нём



приведены четыре группы показателей: 1...5 (группа нагрузочных, геометрических и динамических показателей) 6...10 (группа силовых показателей), 11...13 (группа характеристик роликов) и 14...17 (группа выходных характеристик стенда). При этом правая ось ординат содержит значения каждого показателя каждой из групп,

Таблица 3

Показатель	Диапазон значений показателя		Стенд (фирма, страна)					
	min	max	BDE 4004 ("Картек", Германия)		FVP 2 (СЕМВ, Италия)		СТС-13У- СП-11 (ГАРО, Россия)	
Допустимая нагрузка на ось, т	13	18	0	100	0	60	0	0
Диаметр колес автомобиля, мм	500	1300	0	100	3	100	3	100
Ширина колеи по роликам, мм	800	3000	9	100	0	93	0	91
Коэффициент сцепления шин с роликами	0	1,0	0	0,90	0	0,90	0	0,80
Скорость вращения роликов, км/ч	2	2,6	0	100	0	83	0	33
Диапазон измерения осевого веса, т	0	18	0	100	0	89	6	72
Диапазон измерений:								
тормозных сил, кН	0	40	20	100	0	100	13	75
усилия на органе управления, Н	0	1000	0	100	0	100	10	100
Давление в пневмоприводе, кПа	0	1300	0	92	0	100	15	77
Время срабатывания пневмопривода, с	1,5	0	0	27	0	27	0	0
Размеры роликов, мм:								
длина	1000	1300	0	0	0	0	0	78
диаметр	200	350	0	67	0	67	0	67
межосевое расстояние	600	400	0	50	0	50	0	20
Мощность электродвигателя, кВт	7,5	15	0	47	0	47	0	0
Напряжение электропитания, В	400	380	0	0	0	100	0	100
Масса, кг	1400	1150	0	32	0	40	0	80
Производительность, а/м в смену	30	40	0	60	0	40	0	0
Коэффициент качества			0,659510		0,708065		0,580071	
Цена, тыс. руб.			925		1147		733	

а точками обозначены вершины профиля. Как видим, самое слабое место этого стенда — его ролики, а самое сильное — нагрузочные, геометрические и динамические показатели.

Для определения коэффициента $K_к$ качества для каждого изделия можно обойтись и без построения "профилей", хотя они и наглядны. Этот коэффициент можно рассчитать по формуле № 5, параметры Y_i которой для тех показателей, увеличение значений которых улучшает качество изделия (допустимая нагрузка на ось, коэффициент сцепления шин с роликами, производительность стенда), рассчитываются по формуле № 6, для тех показателей, повышение которых, наоборот, снижает качество изделия (время срабатывания, масса стенда) — по формуле № 7, а как для прямых, так и обратных показателей качества — по формуле № 8.

В формулах № 6...8 за $П_{i\ max}$ рекомендуется принимать максимальное значение i-го показателя среди всех выбранных для анализа изделий-аналогов или групп показателей, а за $П_{i\ min}$ — минимальное значение этого показателя. И второе: на оценочном поле показатели качества для разных изделий или групп показателей могут располагаться в любом порядке, но во всех полях $П_{i\ max}$ и $П_{i\ min}$ должны быть, очевидно, одни и те же.

Рассмотренная выше методика может быть использована для обоснованного выбора технологического оборудования, т.е. такого выбора, который даст максимум эффекта при минимуме затрат.

Литература

1. Костин И.М., Фасхиев Х.А. Технико-экономическая оценка грузовых автомобилей при разработке. Набережные Челны: Изд-во Камского политехн. ин-та, 2002. 479 с.
2. Кузнецов Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей в США. М.: Транспорт, 1992. 352 с.
3. Курников И.П. Эффективность технического перевооружения производства. Киев: Высшая школа, 1983. 103 с.

УДК 629.33

ИМИТИРОВАНИЕ НЕИСПРАВНОСТЕЙ КАК ИНСТРУМЕНТ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ АВТОМОБИЛЬНЫХ ГЕНЕРАТОРОВ

Д-р техн. наук **М.И.ФИЛАТОВ**, **А.В. ПУЗАКОВ**
Оренбургский ГУ (6253. 528-92-24)

Рассмотрена методика имитирования всех характерных неисправностей генератора, позволяющая точно и быстро диагностировать не только уже состоявшиеся, но и зарождающиеся неисправности.

Ключевые слова: *автомобильный генератор, структурные и диагностические параметры, методика имитации неисправностей, осциллограммы неисправностей.*

Filatov M.I., Puzakov A.V.

SIMULATING OF FAILURES AS INSTRUMENT OF DIAGNOSTING OF AUTOMOTIVE ATERNATORS

The technique of simulating of all characteristic failures of the alternator which allow diagnose not only the elections, but also the emerging faulty is considered.

Keywords: *automotive alternator, structural and diagnostic parameters, technique of imitation of failures, oscillograms of failures.*

Специалисты Оренбургского государственного университета провели исследования, суть которых — имитация отказов автомобильных электрогенераторов, а цель — двойная: выявление тех признаков, которые позволяют водителю выявить в процессе движения неполадки в работе генератора и дать электрикам СТОА признаки и "адреса" зарождающихся неисправностей агрегатов. Для определения технического состояния автомобильных генераторов, как известно, применяют прямые и косвенные методы измерения текущих значений их конструктивных параметров (размеры, зазоры, электрические характеристики, шум и т.д.). При этом прямой метод (поэлементное диагностирование) обладает такими достоинствами, как точность, наглядность, достоверность, возможность применения достаточно простой технологии измерений и несложного инструмента. Но он весьма трудоемок, поскольку требует частичной или даже полной разборки генератора. Косвенные методы с этой точки зрения лучше: они позволяют не разбирать генератор и оперативно получать результаты измерения. Однако пользоваться ими можно лишь при наличии довольно сложного диагностического оборудования, а также специалистов высокой квалификации.

Вариантов косвенных диагностических методов два: стендовые, при которых генератор снимается с автомобиля, устанавливается на испытательный стенд, где снимаются его выходные характеристики, и осциллографические, при которых эти характеристики снимаются непосредственно на автомобиле.

Все, что сказано выше, объясняет, почему современный автосервис отдает предпочтение не прямым, а косвенным методам диагностирования генераторов и именно второму варианту осциллографического метода: процесс снятия осциллограмм на автомобиле достаточно простой, а их сравнивание с характеристикой исправного генератора тоже не отличается сложностью и позволяет достоверно определить неисправности генератора [1, 2]. Кроме того, если иметь типовые осциллограммы, характеризующие неисправности генераторов для конечной стадии их развития (обрыв и замыкание обмотки или диода выпрямителя и т.д.), то это существенно упрощает процесс их диагностирования.

Однако возможности рассматриваемого осциллографического метода, по мнению авторов этой статьи, используются далеко не в полной мере: он пока что не позволяет выявлять неисправности на начальной стадии их развития. Следовательно, этот метод нужно совершенствовать. И направление такого совершенствования очевидно: необходимо получить осциллограммы выходного напряжения генераторов с характерными электрическими неисправностями не только когда эти

неисправности уже состоялись, но и на разных стадиях их развития (от начальной до конечной). Практически выполнить эту работу не просто. Она требует накопления большого объема статических данных, а значит, значительных временных затрат. Однако выход из этой ситуации есть. Он — в моделировании неисправностей и установлении четкой границы между полностью работоспособным и частично неработоспособным состояниями генератора.

Рассмотрим, как можно решить эти задачи.

Все электрические неисправности генератора приводят к изменению его структурных и диагностических параметров. Причем любой периодический сигнал характеризуется двумя основными параметрами: амплитудой и периодом (частотой). Поэтому, казалось бы, решение должно сводиться к измерению амплитуд и частот сигналов заведомо исправного, имеющего зарождающую неисправность, и отказавшего генератора. Однако все не так просто. В генераторе есть неисправности, которые практически не оказывают влияния на амплитуду его выходного напряжения, а частота сигнала пропорциональна частоте вращения его ротора. Поэтому нужны более информативные диагностические параметры. И таким параметром является форма выходного напряжения, т.е. амплитуда U и размах ΔU, а также электрические сопротивления обмоток, корпусной и межвитковой изоляции, полупроводниковых диодов и участка "щёткодержатель — обмотка ротора". Следовательно, чтобы установить конкретную неисправность генератора и стадии её развития, при моделировании необходимо физически изменять электрические сопротивления его элементов. Что авторы и проделали.

Имитирование неисправностей осуществлялось на разработанном специализированном стенде, позволяющем подключать реостаты последовательно или параллельно элементам генератора (обмоткам, диодам выпрямителя). Регулируя сопротивление таких реостатов, исследователи получали возможность, во-первых, физически изменять сопротивление элементов генератора и, во-вторых, зафиксировать момент изменения формы осциллограммы. Затем, сопоставляя величину сопротивления реостата с моментом появления неисправности, устанавливать диапазон электрического сопротивления элемента, соответствующий его исправному состоянию, и точную границу появления неисправности.

Так, для увеличения сопротивления обмотки ротора последовательно с ней включается реостат, регулируя сопротивление которого, можно имитировать нарушение контакта в месте пайки выводов этой обмотки к контактным кольцам (при промежуточном положении реоста-

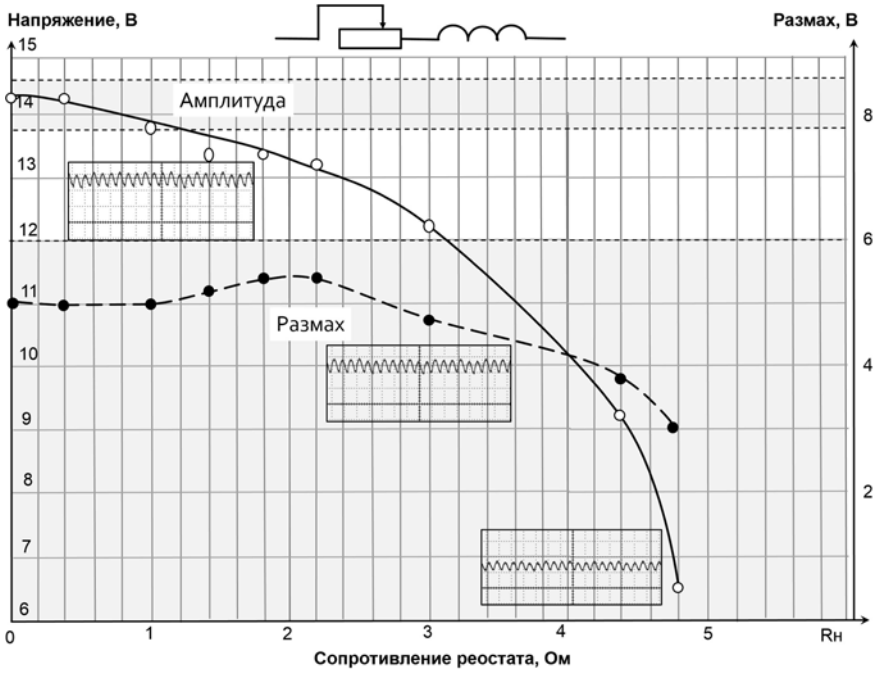


Рис. 1. Изменение амплитуды напряжения и его размаха при имитации обрыва обмотки ротора

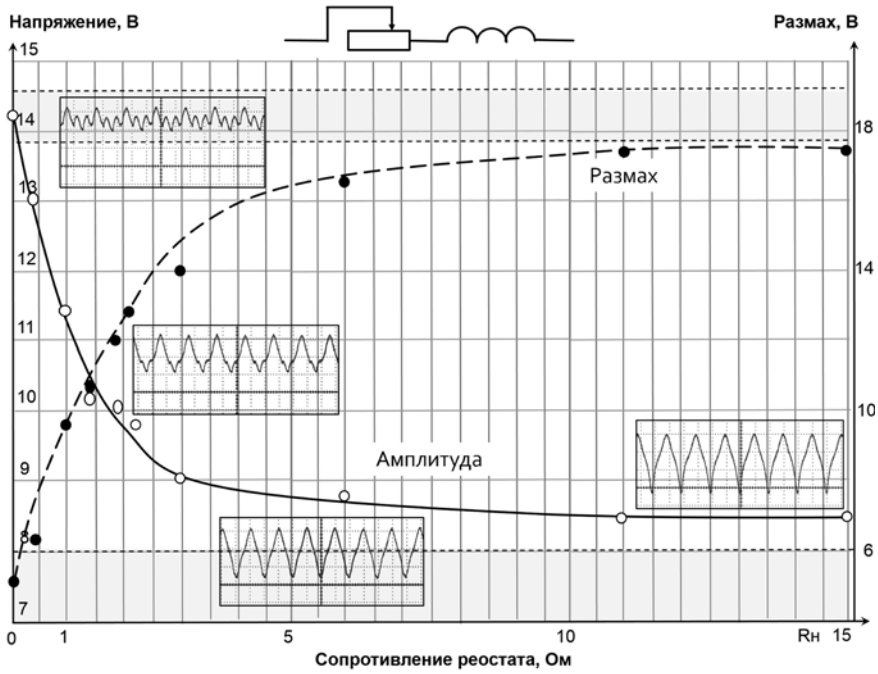


Рис. 2. Изменение амплитуды напряжения и его размаха при имитации обрыва фазы статора

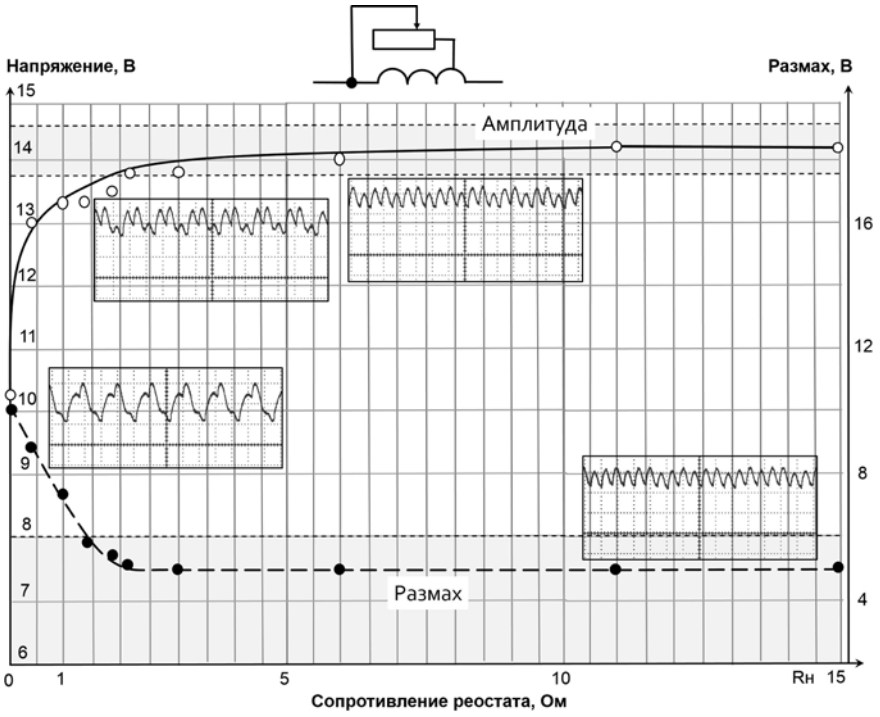


Рис. 3. Изменение амплитуды напряжения и его размаха при имитации межвиткового замыкания фазы статора

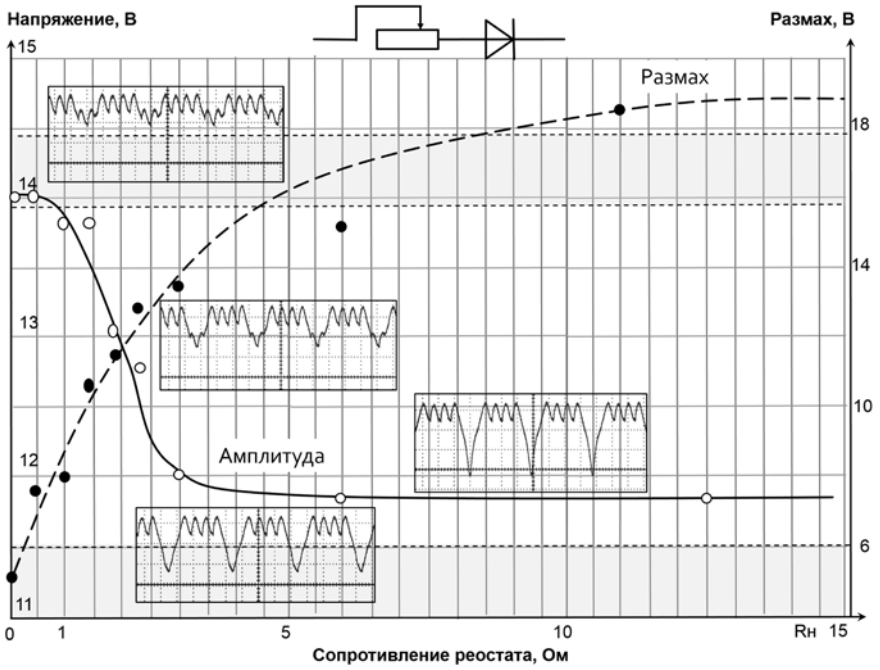


Рис. 4. Изменение амплитуды напряжения и его размаха при имитации обрыва цепи диода

та) или её обрыв (в крайнем его положении). К тому же результату, увеличению сопротивления обмотки ротора, можно свести и такие неисправности, как окисление поверхности контактных колец и плохой контакт между щётками и контактными кольцами. Например, на рис. 1 показано, как изменяются амплитуда U и размах ΔU в зависимости от сопротивления $R_н$, имитирующего неполадки с обмоткой ротора. Как видим, при увеличении $R_н$ значения U и ΔU уменьшаются. Что означает: происходит это по одной причине — из-за ослабления магнитного потока. И в момент, когда сопротивление реостата становится равным $1{,}25R_{об}$ ($R_{об}$ — сопротивление исправной обмотки ротора), генератор развозбуждается, т.е. теряет способность вырабатывать напряжение.

Увеличение сопротивления цепи "обмотка ротора — щёткодержатель", как показали эксперименты, практически не сказывается на форме осциллограммы и не увеличивает размах напряжения.

Результаты имитации обрыва фазы статора приведены на рис. 2. Из него следует, что увеличение сопротивления $R_н$ сопровождается изменением величины и формы выходного напряжения: при росте $R_н$ до $180R_ф$ ($R_ф$ — сопротивление фазы исправного статора) фаза полностью отключается, но генератор продолжает работать, хотя вырабатываемое им напряжение имеет настолько низкое значение, что потребители переходят на питание от аккумуляторной батареи.

Результаты имитации межвиткового замыкания фазы статора приведены на рис. 3, из которого видно, что увеличение $R_н$ сопровождается изменением величины и формы выходного напряжения. Достижение сопротивлением реостата величины $5R_ф$ ($R_ф$ — сопротивление фазы исправного статора) приводит к короткому замыканию этой фазы, генератор продолжает работать, однако вырабатываемое им напряжение значительно уменьшается, что приводит к недозаряду аккумуляторной батареи.

Возможных неисправностей диодов, как известно, две: обрыв внутренней цепи (сопротивление стремится к бесконечности) и короткое замыкание (сопротивление стремится к нулю). Следовательно, для имитации этих неисправностей реостат нужно включить либо последовательно (имитация обрыва цепи), либо параллельно (имитация короткого замыкания). В первом случае получается результат, показанный на рис. 4, а во втором — на рис. 5. Причем при обрыве цепи диода увеличение сопротивления $R_н$ сопровождается изменением формы выходного напряжения, но его амплитуда практически не изменяется. Когда

Неисправность	Параметр	Стадия неисправности		
		начальная	промежуточная	конечная
Обрыв обмотки ротора	Форма осциллограммы			
	Амплитуда напряжения, В	13,2	9,2	9
	Размах сигнала, В	5,4	3,8	0
	Электрическое сопротивление, Ом	2,1	4,4	>4,75
Межвитковое замыкание фазы статора	Форма осциллограммы			
	Амплитуда напряжения, В	13,8	13,4	10,2
	Размах сигнала, В	5,0	7,2	10,0
	Электрическое сопротивление, Ом	3,0	1,0	0
Короткое замыкание диода	Форма осциллограммы			
	Амплитуда напряжения, В	14,2	13,4	6,6
	Размах сигнала, В	5,0	7,0	12,4
	Электрическое сопротивление, Ом	6,0	1,4	0
Обрыв фазы статора	Форма осциллограммы			
	Амплитуда напряжения, В	13,0	10,0	8,4
	Размах сигнала, В	6,4	12,0	17,2
	Электрическое сопротивление, Ом	0,4	1,8	>11,0
Обрыв цепи диода	Форма осциллограммы			
	Амплитуда напряжения, В	13,8	12,0	11,8
	Размах сигнала, В	10,2	13,6	18,4
	Электрическое сопротивление, Ом	1,4	3,0	>11,0

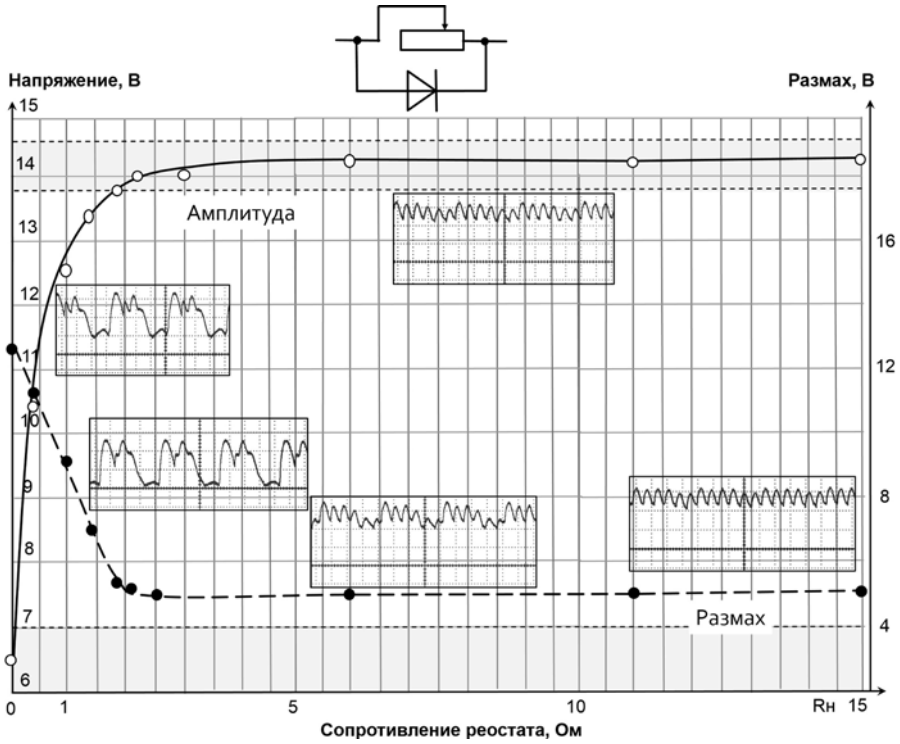


Рис. 5. Изменение амплитуды напряжения и его размаха при имитации короткого замыкания диода

же сопротивление $R_н$ достигнет величины $0{,}1R_у$ ($R_у$ — исходное сопротивление диода в прямом направлении), цепь обрывается, но не сказывается на работе генератора. В случае короткого замыкания увеличение $R_н$, наоборот, сопровождается изменениями величины и формы выходного напряжения. И когда $R_н$ становится равным $0{,}000025R_{д\ обр}$ ($R_{д\ обр}$ — сопротивление исправного диода в обратном направлении) происходит короткое замыкание этого диода. Оно сопровождается гулом и нагревом, что означает, произошло короткое замыкание фазы статора.

Таким образом, приведенные на рисунках 1...5 графики отражают зависимости характерных неисправностей автомобильного генератора от величины сопротивления $R_н$ реостата, имитирующего эти неисправности. Эти графики — результат обработки полученных осциллограмм, приведенных в таблице.

Данные, полученные в процессе имитации неисправностей, — это, по сути, эталонные кривые неисправностей. Они позволяют сделать многое и, прежде всего, следующее: сняв осциллограмму диагностируемого генератора и сравнив ее с эталонными осциллограммами неисправностей, сразу же определить, исправен ли генератор, отказал полностью или в нем есть зарождающаяся неисправность. Но еще больший эффект можно получить, если процесс сравнения таких эталонных кривых автоматизировать, т.е. ввести в электронный блок управления (скажем, в ту же ЭСУД, которая есть практически на каждом современном автомобиле) соответствующую программу. Причем здесь возможны два варианта: вывод результатов сравнения в ПЗУ персонального компьютера или на дисплей, размещенный на приборной панели автомобиля. Выгоды от таких решений в комментариях не нуждаются. Они очевидны.

Литература

1. Соснин Д.А. Электрическое, электронное и автотронное оборудование легковых автомобилей: Учебник для вузов /Д.А. Соснин. — М.: Солон-пресс, 2014. — 416 с.
2. Гриценко А.В. Диагностирование автомобильных генераторов по осциллограммам напряжения / А.В. Гриценко, С.С. Куков // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 2010. № 2. С. 13...15.

УДК 621.436, 661.175.5

НОВЫЕ АНТИФРИЗЫ ДЛЯ АВТОТРАКТОРНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Доктора техн. наук **М.Л. ГАЛКИН**, **А.А. ЖЕРДЕВ** и **В.А. МАРКОВ**
МГТУ имени Н.Э. Баумана (499. 263-69-18),
ООО "Спектропласт", г. Москва

Рассмотрены новые отечественные антифризы для ДВС специальных АТС.

Ключевые слова: *автотранспорт, автомобиль, двигатель внутреннего сгорания, дизель, бензиновый двигатель, антифриз.*

Galkin M.L., Zherdev A.A., Markov V.A.

NEW ANTIFREEZES FOR MOTOR TRANSPORT ENGINES

New domestic antifreeze for internal combustion engines of special are considered.

Keywords: *motor transport, motor car, internal combustion engine, diesel engine, gasoline engine, antifreeze*

Создание охлаждающих жидкостей — антифризов, адаптированных к работе автомобильной техники в условиях пониженных температур окружающего воздуха, пока что как было, так и остается одной из актуальных проблем современного автомобиле- и двигателестроения. Что вполне объяснимо: более 50 % территории нашей страны относится к климатической зоне со средней температурой января 253 К (−20 °С) и ниже, при которой проблематичным становится не только пуск двигателя, но и нормальное его функционирование на режимах с пониженными частотами вращения коленчатого вала и неполными нагрузками. Причем и то и другое во многом зависит от эксплуатационных характеристик охлаждающих жидкостей. Поэтому улучшение этих характеристик — очень важная задача. Особенно для двигателей спецтехники,

эксплуатируемой в экстремальных условиях. И надо сказать, что специалисты, занимающиеся решением этой задачи, делают здесь многое. И, прежде всего, — разрабатывают все новые и новые антифризы, способные, во-первых, поддерживать оптимальные температуры двигателя, обеспечивающие не только его нормальную работу, но и комфортные условия в салоне (кабине) АТС вне зависимости от наружных температур; во-вторых, обладающие достаточно низкой вязкостью, т.е. высокой прокачиваемостью при больших морозах; в-третьих, имеющие сравнительно низкую цену.

И это понятно. Современные специальные транспортные службы, например, автотранспортная часть оперативного реагирования при МЧС России, ориентированы на внедрение новых инновационных разработок с импортозамещением как по подвижному составу, так и по расходным материалам. Главное же, специфика работы автотранспортных средств и спецтехники МЧС в жестких, чаще всего, экстремальных условиях природных и техногенных аварий и катастроф, а также при освоении стратегически важных для России районов Крайнего Севера требует высоких мощности двигателей и мобильности, что возможно только при использовании современных, сохраняющих низкую вязкость при отрицательных температурах охлаждающих жидкостей. Рядовой пример тому — техника, необходимая для нормальной работы Арктического поисково-спасательного центра Сибирского федерального округа [1].

Однако есть и у нас, к сожалению, факторы, которые не способствуют внедрению новых охлаждающих жидкостей. И первый из них состоит в том, что в структуре их закупок основным критерием выбора антифриза для двигателей даже спецтехники является цена, а его качество остается как бы на втором плане. Поэтому подавляющее большинство антифризов у нас — это тосолы, т.е. смеси моноэтиленгликоля с водой: они дешевле антифризов нетрадиционного состава.

Хуже того, новый Технический регламент (ТР ТС 030/2012), введенный в действие с 01 марта 2014 г., позволяет производителям выпускать все что угодно [2]. Он не определяет ни условий производства антифризов, ни их химический состав, а регламентирует только два их параметра — температуру кристаллизации (не выше 238 К, или −35 °С) и водородный показатель pH (должен находиться в пределах от 6 до 10 единиц). Остальные основные свойства антифризов, технология их производства и химический состав отданы "на откуп" производителя: он сам составляет ТУ и ТИ и реализует их. Отсюда — погоня за удешевлением продукта и несоблюдение даже заявленных в ТУ и ТИ характеристик антифризов [3].

Третий фактор, мешающий ввести в широкую практику принципиально новые и качественные антифризы, — федеральный закон № 44, регламентирующий порядок госзакупок: согласно ему, поставщик определяется, как уже упоминалось, только по цене, без учета качества поставляемого продукта.

Четвертый фактор: новые антифризы и специальные жидкости допускают на рынок профильные лаборатории, работающие по старым методикам и нормам, не учитывающие достижения современной химической индустрии в регулировании тепломассопереноса и защиты систем охлаждающей жидкости от кавитации, основных деталей двигателей — от коррозии.

Но, несмотря на действия перечисленных выше неблагоприятных факторов, российские специалисты не прекращают работ по созданию низкотемпературных охлаждающих жидкостей и технологий производства. Например, в научно-производственной компании ООО "Спектропласт" разработаны новые уменьшающие расход топлива и снижающие время прогрева двигателя антифризы серии "Спектроген GR-LV", успешно прошедшие с 2011 по 2014 г. эксплуатационные испытания на бензиновых двигателях и дизелях [4]. И хотя они, как и всем известные "тосолы" выполнены на основе этиленгликоля, но отличаются от них пониженной вязкостью и повышенной эффективностью теплопередачи, в том числе при низких температурах.

Так, если вязкость обычного "тосол-40" при 233 К (−40 °С) составляет 100 мПа · с, то у антифриза "Спектроген GR-40LV" она равна 78 мПа · с, что на 22 % ниже. Результат — существенное уменьшение времени прогрева холодного двигателя на режиме холостого хода: это уменьшение при температуре 273 К (0 °С) составляет ~2 мин, а при 233 К (−40 °С) — 10 мин.

Таких характеристик нового антифриза удалось достичь за счет более эффективного переноса теплоты по системе охлаждения. Итог — уменьшение износа деталей двигателя, т.е. повышение его ресурса. Но не только. Сокращение времени пуска и прогрева двигателя снижает расход топлива, повышает продуктивность рабочего времени водителя, является дополнительной опцией комфорта при выполнении работ, особенно в суровых условиях Крайнего Севера и Сибири.

Немаловажное значение имеют и экологические аспекты применения нового антифриза: он менее токсичен, чем традиционные антифризы, — в нём ниже концентрация ядовитого этиленгликоля; это вещество замещено поверхностно-активными веществами.

Антифриз "Спектроген GR-LV" имеют несколько разновидностей, которые сразу же привлекли внимание потребителей. В том числе такими своими свойствами, как негорючесть и невзрывоопасность (все они относятся к третьему классу опасности, т.е. умеренно опасным веществам), способность сохранять свои рабочие свойства в диапазоне температур от 391 до 208 К (от 118 до −65 °С), высоким (5 лет или 250 000 км) ресурсом.

Литература

1. Программа создания Арктического поисково-спасательного центра Сибирского федерального округа. Красноярск. 2011. http://siberian.mchs.ru.
2. Технический регламент Таможенного союза ТР ТС 030/2012 "О требованиях к смазочным материалам, маслам и специальным жидкостям" от 20 июля 2012 г. № 59.
3. Петров Н.А. Емкость рынка антифризов в России // Спецтехника и коммерческий транспорт. 2012. № 6.
4. Галкин М.Л., Рукавишников А.М. Инновационные энергоэффективные антифризы для автомобильного транспорта // Автомобильный транспорт. 2013. № 12.

УДК 662.767.769

К ВОПРОСУ О ГОМОГЕНИЗАЦИИ СМЕСИ БЕНЗИНОВОГО ДВС

М.В. ПИЩУЛИН
ГБУ "ТверьИнформОбр" 8 (4822) 77-78-07

Рассматривается вопрос организации стабильного управления режимом объемного сгорания в условиях бензинового двигателя от системы искрового зажигания.

Ключевые слова: *бензиновый двигатель с искровым зажиганием, технологии объёмного сгорания HCCI и GDCI, самовоспламенение, точное управление воспламенением, самоорганизация систем.*

Pischulin M.V.
TO A QUESTION ABOUT HOMOGENIZATION OF AN EXPLOSION ENGINE'S MIXTURE.

On the basis of representations of nonequilibrium thermodynamics physical and chemical aspects of preardent processes in the conditions of petrol explosion engine as sufficient factor of the organization of stable steering of volume combustion from system of a spark ignition are considered.

Keywords: *gasoline engine with spark ignition, the volumetric and GDCI HCCI combustion, spontaneous combustion, accurate control of ignition, self-organizing systems.*

На протяжении многих десятилетий в двигателях внутреннего сгорания применялись хорошо управляемые режимы сгорания, основанные на дефлаграционных пламёнах. Однако непрерывно ужесточающиеся экономические и экологические требования, а также гиперзвук потребовали более полного и быстрого сгорания топлива. В бензиновых ДВС это обеспечивали, главным образом, за счёт повышения степени сжатия. Однако этот путь оказался небеспредельным: возникли проблемы с детонацией, т.е. взрывным сгоранием. С ней, конечно, боролись — совершенствовали камеру сгорания, повышали октановое число бензина, находили оптимальные углы опережения зажигания и т.п. В итоге и эти способы перестали работать. Тогда появилось направление так называемого объёмного сгорания, реализуемое в технологиях HCCI (воспламенение гомогенного заряда от сжатия) и GDCI (непосредственный впрыск топлива с воспламенением от сжатия), благодаря которым эффективный КПД бензинового двигателя повышается на 7...10 %, значительно сокращается содержание углекислого газа в выбросах ДВС, а содержание оксидов азота, сажи — на порядки.

В реализацию этих технологий ведущие производители двигателей вложили много труда, времени и средств. Но их серийное внедрение пока что так и не состоялось. Причина одна: не удаётся решить проблему точного управления самовоспламенением топлива. Дело в том, что каждый из вариантов такого управления имеет не только плюсы, но и минусы.

Так, если при сжатии топливовоздушной смеси её самовоспламенение не произойдёт в ВМТ, т.е. при максимальных температуре и давлении в камере сгорания, то температура заряда снижается за счёт адиабатического расширения. Поэтому резко снижается вероятность возникновения в ней критической температурной флуктуации. Проще говоря, будут происходить пропуски самовоспламенения, которые не позволяют обеспечить загазованность цилиндра, необходимую для гомогенизации смеси в следующем цикле. То есть произойдёт своевременный переход на классическое приготовление смеси в камере сгорания. Если же самовоспламенение осуществляется чуть раньше ВМТ, то возрастает время передачи теплоты в стенки камеры сгорания, из-за чего начинается разгонный процесс все более раннего самовоспламенения в следующих циклах, что также снижает эффективность HCCI и GDCI-технологий, а ранние максимумы давления создают сильные механические нагрузки, потенциально способные привести к разрушению двигателя.

Таким образом, остаётся один вариант: смесь должна воспламеняться точно в ВМТ. Однако добиться этого чрезвычайно трудно: топливная смесь — сложная система с большим числом взаимодействующих переменных, поэтому каждое отдельное действие или локальное вмешательство в такую систему обретает коллективный аспект, который влечет за собой самые различные, порой совершенно неожиданные глобальные изменения. Применительно к ДВС это означает, что при одних и тех же граничных условиях, наложенных на систему "топливовоздушная смесь" в виде давления и температуры, но при разных начальных условиях, возникают качественно различные диссипативные структуры, и система эволюционирует в конечное состояние по разным кинетическим механизмам.

Другими словами, трудность задания начальных условий с высокой точностью влечёт за собой неопределенность, проявляющуюся в том, что момент самовоспламенения характеризуется случайностью [1]. Например, автор работы [2] подтверждает высокую чувствительность системы к изменению начальных условий тем эмпирически установленным фактом, что при изменении коэффициента α избытка воздуха температура самовоспламенения топливовоздушной смеси меняется почти на 200 °С. Кроме того, не менее сильно сказывается и химический состав топлива, о котором можно говорить лишь с некоторой долей вероятности (~10 % легких, 60 средних и 30 % тяжелых фракций). Потому что это соотношение зависит от химического состава исходного сырья и технологии его переработки. Наконец, нельзя не учитывать и то, что давление и температура при адиабатическом сжатии зависят от частоты вращения коленчатого вала двигателя, температуры смеси на входе в цилиндр, эффекта повышения давления и температуры в холодных пламенах (хемилюминесценция), теплонапряженности рабочей камеры, а также флуктуационных колебаний α в газовой фазе, изменения уровня турбулентности в смеси, разброса цикловой подачи топлива форсунками. Однако на практике разработчики HCCI- и GDCI-технологий учитывают только так называемые взрывные параметры — температуру, давление, период индукции и коэффициент избытка воздуха, чего для точного управления процессом (моментом) самовоспламенения явно недостаточно. Об этом ещё в 1940 г. говорил тот же А.С. Соколик [3]. Кроме того, оставаясь в рамках классических представлений невозможно физически интерпретировать возникающую в турбулентном хаосе упорядоченность (самоорганизацию смеси), проявляющуюся в виде многоочагового сгорания цикла HCCI.

Из сказанного выше становится очевидным: для реализации технологий HCCI и GDCI необходима система точного управления моментом воспламенения топливовоздушной смеси от цикла к циклу. Причём оно должно обеспечить оптимальные условия реализации объемного сгорания, которые, например, в формулировке Брозе сводятся, во-первых, к организации предпламенных реакций в смеси; во-вторых, наработке свободных радикалов; в-третьих, созданию точечного очага воспламенения, способного поджать смесь [4].

Необходимости выполнения этих условий А.С. Соколик также говорил, когда анализировал "стук" трех видов в двигателе: он показал, что в отличие от "стука", вызванного детонационным сгоранием, в конечном объеме заряда возможна реализация условий "недетонационного стука", когда возникает сферическая ударная волна, но без детонационного сгорания. Им также отмечено, что сгорание при "недетонационном стуке" становится фактором повышения эффективности рабочего цикла двигателя [2]. По поводу же специфических свойств такого сгорания он написал следующее: "Поскольку детонация в двигателе представляет сферическую (в простейшем случае — плоскую) детонационную волну, к ней неприменим механизм образования ударной волны аккумуляцией элементарных волн сжатия. Единственно возможным способом образования такой волны является особого рода объёмное самовоспламенение — идея, высказанная в общем виде Серрюисом в так называемой теории нуклеарного воспламенения, однако без конкретной физической или химической интерпретации явления".

Рассмотрим приведённые выше условия подробнее, с тем чтобы установить, какие из них разработчики систем управления самовоспламенением не выполняют. Причём особое внимание уделим предпламенным процессам. Как установлено, в предпламенном периоде распределение не упруго сталкивающихся частиц перестает быть случайным. Химические корреляции в системе становятся крупномасштабными, и система ведёт себя как единое целое, несмотря на то, что химическое взаимодействие носит короткодействующий характер. Априори можно ожидать, что неупругие столкновения вместе с диффузией приведут к хаотическому распределению продуктов первичного окисления. Однако это не так [5]. Дело в том, что в механизме высокотемпературного воспламенения реакции продолжения и разветвления цепи идут с участием кислорода. Неупругие столкновения, начиная с первичных бимолекулярных реакций присоединения кислорода, порождают локальные пространственные асимметрии в межмолекулярных столкновениях. При этом интенсивность таких столкновений молекул во внешних областях остается неизменноё, а от молекул топлива, присоединивших кислород, снижается, и локальные потоки молекул кислорода из внешних областей к топливным молекулам или частям молекул сдерживают диффузию отщепляющихся от них частей. Кроме того, транспортные процессы с ростом давления от сжатия подавляются и усиливающейся интенсивностью столкновений. В результате при разветвлении цепи диффузия отщепляющихся фрагментов не может значительно превысить длину свободного пробега частиц в системе. Локализация же промежуточных компонентов, т.е. их близкое пространственное расположение, если учесть избыток молекул кислорода (бедные смеси), будет фактически соответствовать эффекту притяжения молекул в реакциях продолжения цепи. Иначе говоря, процесс столкновения молекул в предпламенный период характеризуется нарушением случайности, т.е. он упорядочивается, амплитуды корреляций при подходе к точке бифуркации возрастают, и в системе "топливовоздушная смесь" появляется множество активных центров ("ядер") с повышенной концентрацией продуктов первичного окисления, имеющих ярко выраженный взрывной характер. При этом наиболее активное формирование "ядер" приходится именно на стадию голубых пламён. Как показали Бейли и Норриш, голубое пламя, образующееся в продуктах холодного пламени, характеризуется более глубоким изменением состава продуктов, резким снижением количества исходных углеводородов и сильным снижением концентрации свободного кислорода, активное присоединение которого усиливает локальные потоки молекул кислорода к топливным молекулам, что способствует подавлению транспортных процессов в системе и, как показали исследования Гейдона и Мура, образованием в спектре голубых пламён весьма интенсивных полос радикалов HCO* и CH*, которые отсутствуют в холодных пламёнах. Всё это приводит к тому, что формирующиеся в период голубого пламени "ядра" обеспечиваются свободными радикалами, необходимыми для быстрого развития сгорания. Вовлечение же в гомогенизацию на впуске и в предпламенные процессы тяжёлых топливных погонов с высокими температурами фракционной разгонки значительно, особенно на стадии голубых пламён, увеличит число молекул в системе. Что ещё больше способствует повышению плотности образующихся активных "ядер" и позволяет плазменному шнуру при искровом разряде осуществить тепловое, радиационное и электронное воздействие на значительное число активных "ядер" с целью воспламенения. Другими словами, когда смесь ещё не достигла температур самовоспламенения, воздействие искрового разряда искусственно генерирует в системе критическую температурную флуктуацию, группа "ядер" воспламеняется и образует градиент давления, который через адиабатическое сжатие подожмет смесь. В формулировке И.Р. Пригожина это означает, что первичная локальная область через адиабатическое сжатие со скоростью звука подаёт инновационный сигнал (транспортный процесс) остальным активным "ядрам" на необратимый процесс перехода в новое устойчивое состояние. При этом даже при флуктуационном разбросе параметров в "ядрах" активная их часть с параметрами, близкими к воспламенению, через волны сжатия воспримет сигнал к переходу в новое устойчивое состояние и воспламенится. Остальные же "ядра", обеспеченные свободными радикалами, за счёт общего повышения температуры и элементарных волн сжатия тоже очень быстро вовлекаются в необратимый процесс сгорания.

Приведенная выше интерпретация полностью соответствует представлениям, развитым "брюссельской группой" относительно поведения сильно неустойчивых систем в окрестности точек бифуркации и подтверждается выводами Рёгера, Тизара и Пая о том, что самовоспламенение может возникать даже в случае, если непосредственно остальная часть смеси после сжатия не достигла температур самовоспламенения. Это означает, что существующее мнение, будто многоочаговое сгорание в объёме смеси HCCI-цикла возникает благодаря адиабатическому сжатию не соответствует физической реальности, т.е. ошибочно.

Нельзя назвать правильным и мнение в отношении условий наработки свободных радикалов в виде CO, транслируемых в цилиндры с отработавшими газами (рециркуляция). Ведь содержание этих радикалов в отработавших газах зависит от полноты сгорания топливовоздушной смеси, а загазованность цилиндра в текущем цикле осуществляется отработавшими газами от предыдущего цикла. Значит, этот параметр содержит неопределенность, устранить которую можно, как следует из сказанного, выше, если использовать свободные радикалы тяжёлых топливных фракций, бензина (их в товарных бензинах ~30 %). Потому что при увеличении числа атомов в молекулах число степеней свободы вращательного и колебательного движения значительно превосходит энергию поступательного движения, что ведёт к быстрому разрушению внутримолекулярных связей, а следовательно, запускает в низкотемпературной зоне окисления механизм разветвления цепи с образованием активных промежуточных продуктов в виде перекисей, альдегидов, формальдегида и углеводородных радикалов, а на стадии голубых пламён, когда давление стабилизирует наработку перекисей, способствуют распаду формальдегида, высших альдегидов и углеводородных радикалов с образованием радикалов HCO* и CH*. То есть участие в предпламенных процессах многоатомных молекул топлива (тяжёлые погоны) более эффективно решает задачу обеспечения смеси радикалами.

Что касается точечного очага воспламенения, способного поджать смесь, то, на первый взгляд, искровой разряд не способен создать локальную область воспламенения (верхний предел воспламенения, как известно, $\alpha \sim 1{,}3$). Однако трансляция этого предела на смесях, в которых прошли предпламенные процессы, некорректна. Об этом свидетельствуют экспериментальные данные, полученные в при работе двигателя на бедных смесях, в которых прошли предпламенные процессы (Ливедаль, Говард): они показывают, что облегчённое воспламенение наблюдается, начиная с $\alpha = 1{,}25$, а смеси с $\alpha \sim 1{,}5...1{,}6$, т.е. обеднённые на 40...50 %, по условиям воспламенения эквивалентны смесям стехиометрического состава.

Доказательством того, что объёмному сгоранию всегда предшествует первичный точечный очаг зажигания, можно привести комментарии А.С. Соколика к выводам Рёгера, Тизара и Пая и ссылки на фотографические регистрации, полученные методом непрерывной развертки в опытах Диксона и Дюшена: самовоспламенение всегда начинается в одной точке — даже при тепловом взрыве, когда температурные флуктуации подавлены. То же самое следует и из трудов Л.Д. Ландау: он считал, что создание очага зажигания от искры и воспламенение от горячей точки — явления аналогичные. Значит, наиболее простой способ облегчения условий воспламенения топливовоздушной смеси при $\alpha \sim 1{,}5...1{,}6$ — это точное принудительное управление воспламенением не сжатием, как в технологиях HCCI и GDCI, а использование искрового зажигания.

В связи с этим возникает вопрос: почему же в экспериментах с технологиями HCCI и GDCI возможность принудительного управления воспламенением от искрового разряда системы зажигания не обнаружена? Ответ на него однозначен: всё дело в эффективности гомогенизации топливовоздушной смеси. В циклах HCCI и GDCI в приготовлении смеси всегда участвует значительное количество холодного воздуха. Причём при $\alpha \approx 1{,}5...1{,}6$ число его молекул в разы превышает число молекул топлива и отработавших газов. Но повышенной энергией обладают только молекулы отработавших газов. Значит, если учесть статистическое усреднение межмолекулярных столкновений, т. е. все основания утверждать, что период приготовления смеси на одно столкновение молекул топлива и отработавших газов, приводящее к её активации приходится гораздо большее число столкновений с молекулами воздуха, которые её дезактивируют. Кроме того, для активации молекул топлива, имеющих большую массу, требуется значительное число столкновений с молекулами отработавших газов. В итоге параллельный и превалирующий процессы дезактивации не позволяют существенно увеличить энергию тяжелых топливных молекул, а тем более аэрозоля, т.е. к моменту сжатия в смеси присутствует в микродозах жидкая фаза, а энергия отработавших газов будет перераспределена между молекулами воздуха, топлива и капельками аэрозоля. При этом жидкая фаза выводит из предпламенных процессов в первую очередь тяжёлые топливные фракций, т.е. из самоорганизации и наработки свободных радикалов.

Таким образом, недостаточная плотность "ядер" и радикалов исключает возможность создания условий облегчения воспламенением при $\alpha \approx 1{,}5...1{,}6$. Поэтому на входе в двигатель и приходится устанавливать компрессор: он играет роль инструмента управления самовоспламенением, способного вовлечь тяжёлые фракции бензина с температурами кипения порядка 160...195 °C в процессе гомогенизации смеси.

На недостаточную эффективность отработавших газов в процессе гомогенизации указывают и такие факты, как отсутствие возможности реализации HCCI-цикла на режиме холостого хода двигателя (термодинамические параметры отработавших газов на этом режиме самые низкие) и регистрируемое в отработавших газах HCCI-цикла повышенное, по сравнению с классическим циклом, содержание монооксида углерода и несгоревших углеводородов.

Как видим, проблема стабильного управления объёмным сгоранием может быть полностью решена путём включения в гомогенизацию тяжёлых топливных

фракций. Но в случае бензинового двигателя, без высокотемпературных условий приготовления смеси и принятия дополнительных мер эту проблему не решить. Даже если выполнить второе и третье из перечисленных условий.

Однако это не означает, что она вообще неразрешима: автор данной статьи ещё несколько лет назад предложил (см. АП. 2011. № 2) способ организации эффективной гомогенизации смеси, суть которого, если коротко, сводится к следующему: топливо подается в тонкостенные испарительные патрубки, число которых равно числу цилиндров ДВС. Эти патрубки нагреваются электрическим током. Подогретое в них топливо принудительно обогащается до $\alpha \approx 0{,}1...0{,}2$. Благодаря этому молекулы бензина непосредственно воспринимают температуру от стенок испарителей и гарантированно активизируются. Фактически, покидая поверхность плёнки на участке нагрева и испарения, они обладают энергиями, соответствующие температурам конца их фракционной разгонки. Но так как при $\alpha \approx 0{,}1...0{,}2$ числа молекул топлива и молекул воздуха примерно одинаковые, а масса первой на порядок больше массы второй, то активированные молекулы топлива в процессе диссипации на молекулах воздуха в испарителях теряют незначительную часть энергии возбуждения, т.е. остаются активированными. Кроме того, прогрев смеси в испарителях обеспечивает нарастание возбуждения молекул топлива и воздуха с задействованием вращательных и колебательных энергий.

Такая сильно прогретая смесь смешивается с основной массой воздуха вблизи впускных клапанов и обедняется до $\alpha \approx 1{,}5...1{,}6$. При этом для дезактивации колебательных энергий тяжёлых молекул топлива потребуется $\sim 10^8...10^9$ их столкновений с молекулами воздуха за секунду. Однако возможности нет: время приготовления смеси составляет всего лишь 0,1...0,01 с. Так что изменяя силу тока, получаем реальную возможность вовлечь тяжёлые молекулы топлива в процесс гомогенизации смеси на впуске в предпламенные процессы при её сжатии. Такое решение, в отличие от технологий HCCI, GDCI, позволяет создать и использовать условия облегчения воспламенения смеси при $\alpha \approx 1{,}5...1{,}6$, т.е. повысить топливную экономичность бензиновых ДВС, по расчёту, на 40...50 %.

Литература

1. Г. Николис, И. Пригожин. Познание сложного. Издательство URCC, Москва, 2003.
2. А. Соколик. Самовоспламенение пламя и детонация в газах. М., издательство Академии наук СССР, 1960.
3. А. Соколик. Самовоспламенение и сгорание в газах//Успехи физических наук. Т. XXIII, вып. 3. 1940.
4. Д. Брозе. Сгорание в поршневых двигателях. М., Машиностроение, 1969.
5. И. Пригожин. От существующего к возникающему. Издательство URCC, Москва, 2006.

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 629.331

ТЕХНОЛОГИЯ ЭЛЕКТРОННОЙ МАРКИРОВКИ И ИДЕНТИФИКАЦИИ АТС

Д-р техн. наук **С.М. МОРОЗ**
МАДИ (8.926. 811-49-00)

Предлагается обоснование применения новой прогрессивной технологии электронной маркировки и идентификации автотранспортных средств.

Ключевые слова: *автотранспортное средство (АТС), эксплуатация, идентификация, маркировка, регистрация, учет, радиочастотная электронная метка (RFID), пластиковая карта, техническое обслуживание, контроль.*

Moroz S.M.

TECHNOLOGY OF ELECTRONIC MARKING AND IDENTIFICATION OF VEHICLES

New advanced technology of electronic marking and identification of vehicles is offered.

Keywords: *vehicle, exploitation, identification, marking, registration, records, radio frequency electronic label (RFID), plastic card, service, control.*

Визуальную идентификацию АТС приходится выполнять на важнейших стадиях их жизненного цикла — в процессе сборки, при сертификационных испытаниях, транспортировке к месту реализации, предпродажной подготовке, выпуске в обращение, постановке на учет, оформлении регистрационных документов, эксплуатации и утилизации. Причем на стадии эксплуатации такая процедура повторяется многократно, в разных целях, разными специалистами и владельцами АТС. Это и автоматическая идентификация при запирании-отпирании замков и пуске двигателя, ТО и ремонте, контроле при выпуске на линию, техническом осмотре, контроле сотрудниками ГИБДД на дорогах, внесении изменений в регистрационные данные, при оформлении ДТП и при въезде на платные дороги, охраняемые территории, парковке и списании АТС.

В зависимости от решаемой задачи идентифицируют или конкретный экземпляр АТС, или его принадлежность к определенному типу транспортного средства и категории. Идентификация типа и категории выявляет его комплектацию и назначение. Маркировочные данные указывают модель АТС, но не отображают ни его типа, ни категории [1]. Лишь по регистрационным документам можно установить категорию АТС, а по коду VIN или заводским номерам и через обращение к базам данных изготовителя или органа по сертификации — его тип и заводскую комплектацию.

Идентификация экземпляра АТС служит основой государственного учёта и определения в эксплуатации их заводской комплектации [2].

Чтобы обеспечить выполнимость идентификации изготовители АТС маркируют заводскими номерами их шасси, раму, кузов, двигатель и сертифицируемые детали, от которых зависит безопасность АТС. При его постановке на учёт (допуске к дорожному движению) оформляют государственные регистрационные знаки и регистрационные документы, дублирующие маркировочные данные [3]. Носителями идентификационных данных служат корпусные детали и закрепленные на них таблички и наклейки с текстовым (цифробуквенным) содержанием, штрих-кодами и бар-кодами, пластины государственных регистрационных знаков, электронные запоминающие устройства и блоки управления (на АТС, оборудованных локальной информационной сетью), регистрационные документы АТС на бумажных носителях и компьютерные базы данных внешних информационных систем, дублирующие маркировочные сведения об АТС [4]. Причем те из них, которые размещены на АТС, приспособлены к господствующей на автомобильном транспорте трудоемкой технологии идентификации и последующей регистрации АТС, требующей непроизводительных затрат времени на поиск данных о его комплектации, технических характеристиках и нормативах контроля безопасности, дате и месте предшествующих технического осмотра и технического обслуживания.

Лишь самые передовые автомобилестроители, такие как "Даймлер-Бенц" или "Вольво", предоставляют своим дилерским СТОА информацию по конкретному АТС через сеть Интернет. Но и у них сама процедура идентификации остается визуальной, не защищенной от ошибок исполнителя. А главное, изготовитель АТС может предоставить только данные об исходных параметрах и комплектации, которые в эксплуатации, как известно, подвержены изменениям. Отсюда напрашивается вывод: традиционную систему идентификации необходимо менять.

Для этого подходит электронная маркировка и автоматическая идентификация. Такая технология, не только продублирует традиционную технологию, но и многократно увеличит объем информации, предоставляемой носителями визуальной маркировки. Ведь такими носителями будут служить пассивные радиочастотные (RFID) метки, встроенные в конструкцию АТС, пластиковые карты с чип-модулем и электронные блоки управления в сочетании с дублированием информации в базах данных внешних информационных систем.

Электронизация маркировки и идентификации АТС не только повысит удобство, минимизирует трудозатраты и продолжительность многократного повторения этих процедур, но и создаст предпосылки для решения ряда новых важных задач. Автоматизируется первичный учет данных об АТС и предоставление технологических данных о комплектации, параметрах и нормативах безопасности для исполнителей работ ТО, ремонта и диагностирования. Регистрация АТС станет дистанционной и замкнет тем самым в единый информационный процесс операции опознания наличия (прибытия), идентификации, регистрации и учета данных об эксплуатации АТС.

При внедрении этой технологии визуальную маркировку АТС целесообразно сохранить, но дополнить ее обязательным размещением на них пассивных меток, дублирующих традиционные маркировочные данные и несущих дополнительную информацию. В частности, регистрационные документы АТС предлагается выполнять на пластиковой карте с встроенным чип-модулем. Эта карта сможет заменить "Паспорт транспортного средства", свидетельство о его регистрации, полис ОСАГО, лицензионную карточку, карточку допуска АТС к перевозкам грузов в международном автомобильном сообщении, свидетельство о допуске АТС к перевозке опасных грузов и т.д. Возможен и вариант, при котором вместо одной используются две пластиковые карты, на одной из которых размещаются неизменяемые данные об АТС, а на второй — изменяемые и пополняемые данные.

На первой карте в секторе неизменяемых данных на пластиковой карте и пассивных радиочастотных метках предлагается размещать код VIN, номера шасси (рамы), кузова, сведения о технических характеристиках АТС, заводской его комплектации, категорию и назначение АТС, экологический его класс, номер и дату одобрения типа, параметры и нормативы его безопасности, цвет заводской окраски АТС, а на второй — данные о государственном регистрационном знаке, гаражном номере (при его наличии), номерах агрегатов, изменениях назначения АТС, его комплектации и базовых технических характеристик, параметров и нормативов безопасности.

На второй карте или секторе пополняемых данных пластиковой карты и на пассивных радиочастотных метках, кроме того, целесообразно размещать дату и время участия в ДТП, дату и пробег при выполнении последнего ТО, дату и место прохождения технического осмотра, дату окончания действия полиса ОСГО, информацию о собственнике АТС, владельце, дату, пробег и место регистрации АТС, его цвет.

Таким образом, объём маркировочных данных об АТС, размещаемых на пластиковой карте и на пассивных радиочастотных метках, предлагается дополнить теми массивами данных, которые необходимы при эксплуатации АТС, но отсутствуют в современных регистрационных документах. Эта информация позволит полностью удовлетворить технологические потребности процедур контроля безопасности АТС (включая технический осмотр и контроль на дорогах) и диагностирования при ТО и ремонте, организации надзора за выполняемостью работ ТО, контроля при выпуске из ТО и ремонта или выпуска на линию. В конечном счете это положительно скажется на уровне безопасности дорожного движения.

Так, данные о заводской комплектации АТС и её изменениях в эксплуатации помогут конкретизировать требования, предъявляемые при техническом осмотре, диагностировании, заказе запасных частей и выполнении заправок топливом, расследовании причин ДТП и контроле безопасности АТС при внесении

изменений в их конструкцию. Перечни технических характеристик, параметров и нормативов безопасности конкретного АТС необходимы при том же техническом осмотре и контроле при выпуске АТС из ТО и ремонта. При вносимых в эксплуатации изменениях конструкции эти перечни также изменяются, поэтому их предоставление исключит непроизводительные потери времени и споры.

Данные об участии АТС в ДТП необходимы участникам сделок купли-продажи с ними, страховщикам и для профилактики опасного поведения водителей на дорогах. Автоматизация контроля выполнения ТО станет для фирменных СТОА, лизингодателей и страховщиков инструментом повышения результативности принуждения владельцев к соблюдению предписаний изготовителей АТС, а осуществленный на её основе дистанционный контроль своевременности прохождения технического осмотра и обязательного страхования, наличия разрешений на особые виды перевозок и лицензионных карточек многократно повысит результативность проверок ГИБДД и Ространснадзора.

Таким образом, применение технологии электронной маркировки и идентификации не только возможно, но и необходимо. Она исключит затраты живого труда на рутинные операции идентификации и регистрации маркировочных данных АТС на предприятиях автомобильного транспорта, парковках, платных дорогах, контрольно-пропускных пунктах, при предпродажной подготовке и транспортировании АТС к месту продажи, а также уменьшит трудоемкость поиска данных о нормативах и комплектации АТС при его диагностировании, техническом осмотре и дорожных проверках. При этом расширяется информационная база учета АТС, повышается эффективность государственного регулирования деятельности автомобильного транспорта и безопасности дорожного движения. Сверх этого реализуются новые функции информатизации автомобильного транспорта, включая информирование приобретателей подержанных АТС об их наработке, участии в ДТП и предшествующей выполняемости работ ТО, предотвращение несанкционированного использования АТС, контроль лизингодателями и фирменными СТОА за соблюдением правил технической эксплуатации и повышение защищенности маркировочных данных АТС от намеренного их искажения [5, 6].

Немаловажно и то, что применение электронной маркировки не вызовет сколько-нибудь существенного повышения стоимости АТС: такие средства давно освоены промышленностью и применяются на других объектах. Реализацию предлагаемой технологии может сдерживать только ее межотраслевой характер: к ее освоению придется привлекать электронную и автомобильную промышленности, надзорные органы, таможенную службу, структуры обязательной сертификации АТС государств Таможенного союза. Но эти "препоны" вполне преодолимы, когда решение о применении принимается на правительственном уровне.

Литература

1. Зиманов Л.Л. Организация государственного учета и контроля технического состояния автомобилей / М.: Издательский центр "Академия", 2011. — 128 с.
2. О порядке регистрации транспортных средств. Приложение к Приказу МВД России от 24 ноября 2008 г. № 1001.
3. Приказ МВД России, Министерства промышленности и энергетики России и Минэкономразвития России от 23 июня 2005 г. № 496/192/134 "Об утверждении Положения о паспортах транспортных средств и паспортах шасси транспортных средств".
4. Технический регламент Таможенного союза (ТР ТС 018/2011) "О безопасности колесных транспортных средств". Утвержден Решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 г.
5. Патент Российской Федерации на изобретение № 2540835 МПК G07C 5/08, патентообладатель МАДИ. "Способ контроля выполняемости периодического технического обслуживания транспортных средств, сельскохозяйственных и дорожных машин".
6. Патент Российской Федерации на изобретение № 2468443 МПК G08G 1/017, патентообладатель МАДИ. "Способ выявления в транспортных потоках неправомерно используемых транспортных средств".

УДК 699.866

СВОЙСТВА ДИСПЕРСНО-НАПОЛНЕННОГО ЛИТЬЕВОГО ПОЛИУРЕТАНА

Кандидаты техн. наук **А.И. ШВЕЁВ**, **Л.Н. ШАФИГУЛЛИН**, **М.И. ГУМЕРОВ**, **И.Ф. ШАЕХОВА**
Набережночелнинский институт (филиал)
Казанского (Приволжского) федерального университета
(8552. 39-71-40)

Приводятся результаты исследования влияния дисперсных наполнителей на теплопроводные и прочностные свойства литьевых полиуретановых полимеров.

Ключевые слова: *полиуретан, наполнитель, теплопроводность, динамический модуль упругости.*

Shveev A.I., Shafigullin L.N., Gumerov M.I., Shaehova I.F.
PROPERTIES OF DISPERSED-FILLING INJECTION POLYURETHANE

Results of examine the effect of particulate fillers on heat technicaland strength properties of molded polyurethane polymers are given.

Keywords: *polyurethane, filler, thermal conductivity, dynamic modulus of elasticity*

В настоящее время полимерные материалы получили широкое распространение в различных отраслях промышленности и народного хозяйства. Например, в автомобилестроении из них изготовляют подшипники скольжения рулевого механизма, элементы подвески, вкладыши рулевых тяг, самосмазывающиеся уплотнения, топливостойкие клапаны и т.п. Причем практически во всех случаях их основой является литьевой полиуретан, который, как известно, обладает высокой упругостью и теплопроводностью, позволяет получать из него изделия с высокими эксплуатационными характеристиками при минимальных затратах на оборудование и технологическую оснастку, а большую часть литьевых операций выполнять при относительно низких температурах и давлениях.

Однако "чистый" литьевой полиуретан подходит не для всех изделий. Поэтому во многих случаях в него вводят различные наполнители, придающие этому пластику новые свойства: износостойкость, способ-

№ состава	Рецептурный состав материала			Коэффициент теплопроводности, Вт/м · К	Динамический модуль упругости, МПа
	Гидроксильные группы, доли	Изоцианатные группы, доли	Наполнитель и его объёмное содержание		
1	186	100	—	0,090	790
2	186	100	Аэросил; 0,1	0,131	150
3	186	100	Аэросил; 0,2	0,133	100
4	186	100	Аэросил; 0,3	0,145	91
5	186	100	Аэросил; 0,4	0,118	83
6	186	100	Аэросил; 0,5	0,105	97
7	186	100	Гидроксид алюминия; 0,1	0,120	441
8	186	100	Гидроксид алюминия; 0,2	0,125	349
9	186	100	Гидроксид алюминия; 0,3	0,134	322
10	186	100	Гидроксид алюминия; 0,4	0,115	315
11	186	100	Гидроксид алюминия; 0,5	0,107	327
12	186	100	Кермзит; 0,1	0,109	325
13	186	100	Кермзит; 0,2	0,115	200
14	186	100	Кермзит; 0,3	0,122	110
15	186	100	Кермзит; 0,4	0,125	90
16	186	100	Кермзит; 0,5	0,134	99

ность работать при экстремально низких и высоких температурах и т.п. Причем количество наполнителя, как правило, подбирают экспериментально, что и долго, и ненадёжно. Поэтому авторы данной статьи попытались найти какие-то закономерности, связывающие свойства наиболее часто используемых полимера марки СУРЭЛ-27, у которого массовая доля гидроксильных групп (ГСС) составляет 4,0...4,6 %, а массовая доля изоцианатных групп (ПФП) — 18,0...22,2 %, и аэросил марки А-300, а также гидроксид алюминия марки ALFRIMAL 106 и и керамзит фракции 0,063 мм. При этом в качестве исходного соотношения (ГСС/ПФП) компонентов полиуретанового предполимера было выбрано рекомендованное производителем, т.е. 186/100, а качество наполнителей варьировалось (см. таблицу).

Технология изготовления композиционных материалов на основе литьевого полиуретана включает четыре этапа: подготовку формы к заливке (смазка поверхности разделительным составом — парафином); смешивание компонента гидроксильных групп полимера и наполнителей до получения однородной массы; добавление в эту смесь изоциантных групп и их перемешивание в ней; заливку реакционной массы в заранее подготовленную форму, где она в течение суток и полимеризуется при комнатной температуре.

Такая технология выдерживалась и в ходе исследования. После чего полученные изделия извлекались из форм и определяли два физико-механических свойства наполненных полиуретановых композиций — коэффициент λ теплопроводности (по ГОСТ 7076—99 Метод определения теплопроводности и термического сопротивления при стационарном тепловом режиме) и на электронном измерителе теплопроводности ИТП-МГ4, динамический модуль $E_д$ упругости (по ГОСТ 16297—80 Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний). Результаты их определения приведены в той же таблице, из которой видно, что при объёмной доле любого из наполнителей, равной 0,3, коэффициент теплопроводности материала оказывается 1,5 раза больше исходного, т.е. полиуретана без наполнителя, что объясняется большей, по сравнению с полимерной матрицей, теплопроводностью наполнителей. При дальнейшем увеличении этой доли до 0,5 значение коэффициента λ в случае с аэросила и гидроксида алюминия уменьшается соответственно на 75 и 71,5 %, а случае керамзита, наоборот, продолжает увеличиваться, по сравнению с исходным матричным полимером. При $\upsilon > 0,5$ в полимерном материале наблюдается дефицит связующего материала, что приводит к образованию воздушных включений и снижению λ [1].

Концентрационные зависимости для $E_д$ тоже имеют экстремальный характер, но модуль упругости наполненных полиуретановых композитов всегда гораздо выше, чем у матричного полимера. И причин тому несколько.

Во-первых, любой из примененных в ходе исследований наполнителей способен образовывать в композите пространственную структуру, которая более эффективно передает внешние усилия на все частицы наполнителя. В результате формируется гетерогенная система "наполнитель—полимер", модуль упругости которой выше модуля упругости полимерной матрицы [2]; во-вторых, часть внешней колебательной на-

грузки воспринимается частицами наполнителя, которые обладают более высоким динамическим модулем упругости, чем полимерная матрица [3]; в-третьих, дисперсные частицы наполнителя упорядочивают и ориентируют структуры полимерной матрицы, что повышает её упругие свойства и способствует переходу матричного материала в контактное пространство между частицами наполнителя в виде пленки, которая обладает более высокой упругостью.

Анализ данных таблицы показал также, что с точки зрения технологических свойств наиболее оптимальными составами являются составы № 4, 9 и 14, потому что именно они отличаются однородной структурой и минимальным числом дефектов.

Таким образом, введение в матрицу даже малого количества дисперсных наполнителей в композит существенно изменяет структуру и свойства материалов. Значит, варьируя долей наполнителей, можно получить материалы с самыми различными свойствами. В том числе и теми, которые нужны для автомобилестроения.

Литература

1. ГОСТ 16297—80. Материалы звукоизоляционные и звукопоглощающие. Методы испытаний (взамен ГОСТ 16297—70); Введен с 01.01.81. М.: Изд-во стандартов, 1980.
2. Гумеров М.И. Разработка композиционных материалов с повышенными виброзвукопоглощающими свойствами для установочных пластин токарных станков: дис. Канд. техн. наук: 05.02.01 / Гумеров Марат Ирекович. — Набережные Челны, 2010. — 178 с.
3. Козомазов В.Н. Структура и свойства высоконаполненных строительных полимерных композитов: автореферат дис. докт. техн. наук: 05.23.05 / Козомазов Владимир Николаевич. — М., 1997. — 44 с.: ил.

УДК 658.513.5

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ПРОЦЕССА УПРАВЛЕНИЯ РЕМОНТНЫМИ РАБОТАМИ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ (на примере цеха ремонта сварочного оборудования ОАО "ГАЗ")

Е.В. БЕЛОВА, А.В. КУПЦОВ, М.В. ОРАНОВА
"Нижегородский ГУ имени Н.И. Лобачевского",
e-mail: kvbelova@yandex.ru

В статье проведен анализ обслуживания и ремонта оборудования на предприятиях автомобильной промышленности на примере предприятий группы "ГАЗ". Выявлены проблемы, произведен расчёт показателей и предложены пути совершенствования опускания спутников автоматической линии сборки-сварки левой боковины цеха ремонта сварочного оборудования.

Ключевые слова: *цех ремонта сварочного оборудования, простои оборудования, хронометраж, техническое обслуживание оборудования, трудоёмкость, численность, экстренные ремонты, оперативно-планируемые ремонты.*

Belova E.V., Kuptsov A.V., Oranova M.V.
IMPROVING THE MANAGEMENT OF REPAIR WORK IN CAR MANUFACTURING (FOR EXAMPLE, REPAIR SHOP OF WELDING EQUIPMENT "GAZ")

The article summarizes the maintence and repair of equipment in car manufacturing on the example of the group "GAZ". The problems of repair process are regarded, a calculators has been done and new ways to improve the work of section lovering satellites automatic assembly liny velding the left sidewall repair shop welding equipment.

Keywords: *repair shop welding equipment, downtime, chronometry, maintence of equipment, laboriousness, strength, emergency repairs, operational and planned reparairs.*

Трудно переоценить значение эффективного обслуживания и ремонта оборудования завода для бесперебойного функционирования производства. Однако, существующая ныне система нуждается в дальнейшем совершенствовании. Основными направлениями здесь могут быть: применение передовых технологий и методов проведения ремонтов; совершенствование системы организации труда ремонтного персонала и повышение его квалификации.

В 2003 г. Горьковский автомобильный завод первым из российских предприятий начал внедрение новой системы организации производства, разработанной японской компанией "Тойота". Это позволило существенно повысить эффективность производства, максимально ориентироваться на потребителя, исключить все виды потерь и вовлечь каждого сотрудника в оптимизацию производства. Так, в период с 2003 по 2013 гг. производительность труда на предприятиях Группы "ГАЗ" возросла вчетверо.

Данная система организации производства предполагает ликвидацию потерь рабочего времени, в том числе и простои оборудования при проведении технического обслуживания и ремонта. Стандартизация позволила стабилизировать производство и время протекания процессов. Необходимо отметить, что достигнутый четырехкратный рост показателя производительности труда обусловлен не только внедрением новой производственной системы, а также и комплексом, влияющих на него внутренних и внешних факторов, в том числе случайных. Однако в результате внедрения системы стандартизации на предприятии были оптимизированы и действия ремонтного персонала, в результате чего простои оборудования во втором полугодии 2013 года составили 22 мин против 169 мин за первое полугодие 2013 года.

В настоящее время внедрение производственной системы ГАЗ производится в цехах ремонта сварочного оборудования и технического обслуживания оборудования. Для её внедрения в цехе ремонта сварочного оборудования (ЦРСвО) была создана комиссия, в которую вошли: бригадиры слесарей-ремонтников участка 264-12, 264-13; бригадиры электромехаников участка 264-10, 264-11; мастера участков 264-10, 264-11, 264-12, 264-13; инженер по организации производства и организации ремонта (ОП и ОР); главный специалист по охране труда и технике безопасности; специалист охраны труда и здоровья.

Этапы внедрения стандартизации работ по техническому обслуживанию оборудования рассмотрим на примере работы секции опускания спутников авто-

Рис. 1. Потери времени при проведении ремонтных работ

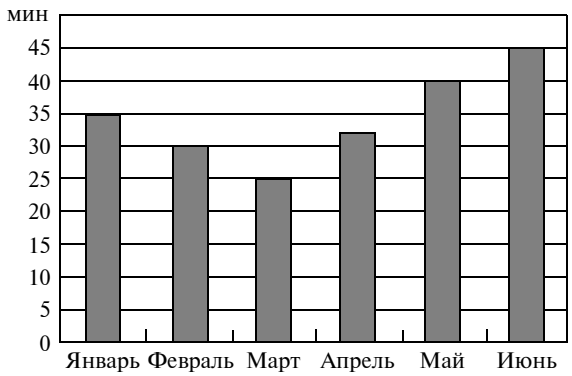


Рис. 2. Простои оборудования в первом полугодии 2013 г.

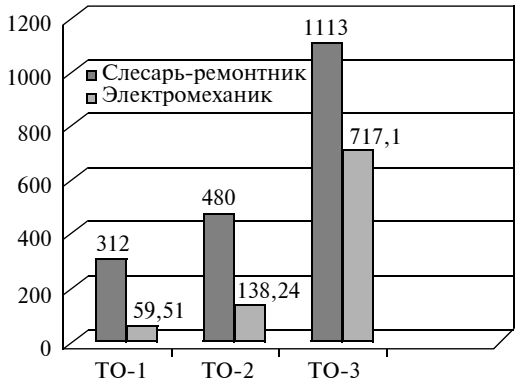


Рис. 3. Хронометраж проводимых работ

матической линии сборки-сварки левой боковины. Секция предназначена для опускания спутников с линии сварки боковины на транспортную линию возврата спутников.

На первом этапе был проведен анализ исходного состояния работ по техническому обслуживанию. Анализ годового плана технического обслуживания с периодическим контролем смазки и ремонта по секции подъёма спутников автоматической линии ЛБ показал следующее. Работа по техническому обслуживанию не стандартизирована, у сотрудников нет четкого понимания того, что и в какой последовательности выполнять, работа производится по техническим картам. Ремонтный персонал большую часть времени расходует на переходы до места проведения ремонта. При этом маршруты движения ремонтного персонала до места проведения ремонтов не определены. С этим связаны потери до 5 минут. Это значение получено на основании анализа технических карт за первое полугодие 2013 г., определяется как среднее время, которое тратят ремонтники, чтобы дойти до места проведения экстренного ремонта. Среднемесячные потери времени (рис. 1) при проведении экстренного ремонта ещё более существенны и составляют: электромеханика — 22 мин, слесаря-ремонтника — 1 ч. 05 мин. Численность на начало 2013 года электромехаников — 16 человек, слесарей-ремонтников — 63 человека.

Простои оборудования (проведение экстренных ремонтов) в цехе ремонта сварочного оборудования при этом характеризуются диаграммой, показанной на рис. 2. Данные определены по цеху в целом.

На втором этапе был проведён анализ текущего состояния работ по техническому обслуживанию оборудования. Также проведён хронометраж проводимых работ по ТО-1, ТО-2, ТО-3. Затраты времени на выполнение работ по стандартам, полученные на основании проводимого хронометража отражены на рис. 3.

На основании полученных данных согласно хронометражу производимых работ можно произвести расчет трудоемкости 1 ед. ремонтной сложности для проведения только плановых работ по обслуживанию подъемно-опускной секции левой боковины. Данный расчет подразумевает определение нормы времени на одну ремонтную единицу путём систематических замеров повторяющихся операций для слесарей-ремонтников и электромехаников, что позволяет скорректировать нормы времени заданные в Единой системе планово-предупредительных ремонтов и технического обслуживания и установить прогрессивные нормы времени на одну ремонтную единицу для ремонтного персонала. Для повышения эффективности использования ремонтного персонала ЦРСвО, на наш взгляд, необходимо и целесообразно активнее использовать современные научно-обоснованные концепции и технологии.

Именно в связи с этим рабочей группой завода при проведении работ по стандартизации ТО-1, ТО-2, ТО-3 были предложены проекты стандартов выполнения плановых работ с определением времени на каждый элемент. За время работы группы устранены потери на переходы до места проведения ремонта. Разработан конкретный маршрут движения ремонтного персонала при проведении плановых работ.

В соответствии с полученными данными согласно хронометражу, произведём расчёт необходимой численности персонала на выполнение комплекса работ по техническому обслуживанию, ремонту и отвлечений на выбор оборудования (см. таблицу).

Исходные данные: расчёт по нормативам (электромеханик + слесарь-ремонтник) = 168 чел., общая численность по расчётам ЦРСвО = 168 чел. В то же время, по штатной расстановке необходимо всего 79 человек.

Расчётная численность на основании норматива (электромеханик, слесарь-ремонтник)	Фактическая численность	Расчёт по ПС	Экстренные ремонты	Оперативно планируемые ремонты	Отвлечение на другие виды работ	Численность, необходимая для выполнения всех видов работ
0,66	0,31	0,15	0,061	0,0017	0,025	0,238

Поясним расчёты в соответствующих колонках таблицы: ***1*** — данные на основании расчета по существующей методике норматива численности; ***2*** — фактически по штатной расстановке — 79 чел., по расчёту норматива численности — 168 чел. (0,66 · 79 : 168 = = 0,31 чел.); ***3*** — расчёт на основании проведенных замеров по разработанным стандартам; ***4*** — в расчёт экстренных ремонтов принимаем период 01.01.2013—01.07.2013, который равен 207 мин, среднемесячный показатель составляет 34,5 мин, среднее количество людей, занятых на устранении аварии, — 4 чел., фактическое время работы 79 чел. · 8 часов · 22 раб. дня = = 13 904 часа, аварийное время 4 чел. · 0,56 час. = = 2,3 чел.-часов, за год получаем 2,3 · 12 = 27,6 чел.-часов, процент устранения аварии от общего времени 27,6 · 100 : 13 904 = 0,198 %, численность сотрудников, отвлечённых на устранение аварии (расчётная) 0,31 · 0,198 % = 0,061 чел.; ***5*** — в расчет ОПР принимаем период 01.01.2012—01.01.2013, процент времени на проведение ремонтных работ 79 · 100 : 13 904 = = 0,57 %, численность сотрудников, отвлечённых на проведение ОПР (расчётная) 0,31 · 0,57 % = 0,0017 чел.; ***6*** — в расчёт принимаем день 24.06.2013 г., время отвлечений 37 чел.-час. (57 человек отвлекались по 0,65 часа), на 1-го человека — 0,65 часа, за 248 рабочих дней 248 · 0,65 час. = 161,2 чел.-час., процент отвлечений от общего времени 161,2 · 100 : 1980 = 8,1 %, численность отвлечения на другие виды работ 0,31 · 8,1 % = = 0,025 чел. Расчёт предусматривает режим работы цеха в одну смену. Однако в настоящее время ЦРСвО перешел на 3-сменный режим работы. Коэффициент сменности равен 2,57. Рассчитаем необходимую численность ремонтного персонала по ПС для обслуживания подъемно-опускной секции ЛБ при 3-сменном режиме работы: 0,238 · 2,57 = 0,611 чел. (колонка *7*).

В итоге выясняется, что фактическая численность ремонтного персонала в два раза меньше расчётной, т.е. штат ремонтного персонала необходимо увеличить. Это позволит цеху сократить время на устранение аварий и положительно скажется на качестве проводимых ремонтов и ТО.

В каждой компании имеются существенные резервы улучшения использования основных фондов. Этой цели можно достигнуть с помощью внедрения новых технологий и техники, автоматизации и компьютеризации производственных процессов, проведения грамотной воспроизводственной политики, своевременного и качественного ремонта, ликвидации излишнего оборудования и т.п.

В ЦРСиО на автоматических линиях сборки кабин ГАЗ-3307 и ГАЗ-3302 применяются приводы постоянного тока с независимым возбуждением и принудительным охлаждением. Развитие частотной техники позволило заменить существующие приводы на более современные и экономичные приводы фирмы "Ален-Бредли". Это позволит избавиться от потерь электроэнергии на возбуждение и охлаждение двигателей, добиться изменений механических характеристик привода, что позволит отказаться от заказов на изготовление промежуточных валов, шестерён к редукторам, закупки редукторов, ранее часто выходивших из строя. В приводе установлены новые серийные асинхронные двигатели, более дешёвые в обслуживании и замене.

Расчёт экономии электроэнергии производим по факту высвобождения потребителей. При этом отмечаем: вентилятор охлаждения привода работает постоянно; обмотка возбуждения электродвигателя постоянно находится под напряжением. Параметры скоростей оборудования до и после замены одинаковые. Приводы установлены на следующих линиях: автоматическая линия сборки и сварки левой двери ГАЗ-4301 — 2 привода; автоматическая линия сборки и сварки правой двери ГАЗ-4301 — 2 привода; робототехнический комплекс основания ГАЗ-3302 — 3 привода; автоматическая линия сборки и сварки основания ГАЗ-3302 — 2 привода; автоматическая линия доварки передка ГАЗ-4301 — 1 привод; автоматическая линия зафлацовки левых дверей ГАЗ-3302 — 1 привод; автоматическая линия зафлацовки правых дверей ГАЗ-3302 — 1 привод. При обслуживании на замену можно использовать приводы и электродвигатели с демонтированного в процессе модернизации и б/у оборудования.

Рассчитаем экономию электроэнергии по семи перечисленным линиям:

$$W = W1 + W2 + W3 + W4 + W5 + W6 + W7. \quad (1)$$

$$2890{,}8 \cdot 2 + 2890{,}8 \cdot 2 + 8146{,}8 \cdot 3 + 7884 \cdot 2 + + 2890{,}8 + 8146{,}8 + 8146{,}8 = 70\,956 \text{ (кВт/ч)}. \quad (2)$$

Список литературы

1. Нормативы численности на межремонтное обслуживание и ремонт механоэнергетического оборудования в структурных подразделениях ОАО "ГАЗ". Распоряжение № 3/11.08.00/443 от 19.12.2010.
2. Нормативы межремонтного обслуживания и ремонта энергетического оборудования в цехах ОАО "ГАЗ", 1999.
3. Нормативы межремонтного обслуживания и ремонта энергетического оборудования в цехах ОАО "ГАЗ". 2008.
4. Ефимычев Ю.И., Стрелкова Л.В., Ильичева Н.М. Организация производства: Учебное пособие. — Н.Новгород: Изд-во ННГУ, 2004.

На Международной выставке потребительской электроники (CES) в Лас-Вегасе, концерн "Континенталь", поставщик автомобильных комплектующих, представит демонстрационный автомобиль, все стекла которого можно затемнить нажатием кнопки. В основе системы интеллектуального управления стеклами лежат специальные пленки, которые находятся внутри стекла и меняют степень его прозрачности по команде в виде электрических сигналов.

Выборочное пошаговое затемнение заднего и боковых стекол, а также отдельных зон ветрового стекла заметно повышает не только уровень комфорта пассажиров, но и безопасность движения. Распространенная ситуация — низкое положение солнца над горизонтом. Рука водителя инстинктивно отрывается от рулевого колеса и тянется к солнцезащитному козырьку. В будущем подобные ситуации будут распознаваться заранее, поэтому до их наступления стекла можно будет автоматически затемнить.

Такие пленки могут уменьшать проникновение солнечных лучей в салон намного более эффективно, чем другие технологии. В результате сокращается нагрузка на систему кондиционирования, поэтому ее можно сделать более компактной, энергоэффективной и, как следствие, более легкой. Кроме того, не нужны в автомобиле солнцезащитные козырьки и механические шторки Согласно расчетам, благодаря указанным мерам выбросы CO_2 можно снизить на 4 г/км, а, например для электромобиля — увеличить запас хода на 5,5 %.

Помимо меньшего нагрева салона, затемнение стекол значительно повышает уровень приватности: На парковке стекла автомобиля затемняются автоматически, поэтому снаружи невозможно рассмотреть салон автомобиля. Система интеллектуального управления стеклами также расширяет возможности дизайнеров. Площадь остекления автомобиля можно увеличить без необходимости перекрывать стекла механическими средствами. В настоящее время пленка имеет светло-синий оттенок, но в будущем планируется расширить цветовую гамму.

Подобные пленки известны уже довольно давно. Но до сих пор эта технология применялась только в панорамных крышах небольшого числа высококлассных автомобилей. Инженеры концерна "Континенталь" впервые демонстрируют на тестовом автомобиле технологию активации взвешенных частиц для заднего и боковых стекол, а также для некоторых участков ветрового стекла (из-за законодательных ограничений данное решение используется только в зоне солнцезащитных козырьков).

В основе этой уже готовой к серийному производству пленочной технологии лежат встроенные частицы, которые располагаются в случайном порядке при отсутствии питания и затемняют стекло в направлении снаружи внутрь. Таким образом, для водителя и пассажиров автомобиля стекло остается прозрачным. При подаче напряжения частицы упорядочиваются и располагаются параллельно друг другу, после чего свет может проходить через стекло в обоих направлениях. Благодаря взаимодействию с системами автомобиля стекла автоматически становятся светлыми, когда к нему приближается водитель с ключом или смартфоном.

Пленочная технология все еще остается довольно дорогим решением для автомобилей среднего класса с большой площадью остекления. Но на фоне быстрого и многообещающего развития и начала применения в сфере мобильных устройств ожидается, что цены быстро упадут. Альтернативой пленочной технологии выступают решения на основе жидких кристаллических полимеров или электрохромного эффекта. В последнем случае используется способность молекул и кристаллов изменять свои оптические свойства под действием электромагнитного поля или электрического тока. Эта технология уже применяется в наружных и внутренних зеркалах автомобилей и предотвращает ослепление водителя. Ее недостаток в случае использования на больших поверхностях заключается в высокой энергоемкости.

Неважно, какая технология станет преобладающей, так как все они должны иметь электронное управление. Новизна состоит именно в программном обеспечении и интеллектуальном объединении технологии с системами автомобиля. Концерн "Континенталь" использует собственные наработки для всех элементов системы и поэтому может интегрировать желаемые функции в свои электронные блоки управления.

•

Шинный завод "Континенталь" в Калуге выпустил трехмиллионную шину. Такого результата компании удалось добиться всего через два года после официального открытия предприятия.

Завод в Калуге продолжает планомерно увеличивать объемы производства даже в условиях непростой экономической ситуации в стране. В 2015 году предприятие удвоило объемы производства по сравнению с предыдущим годом, выпустив около двух миллионов шин. По предварительным прогнозам компании в 2016 г. объем производства продолжит расти. Более 200 наименований шин калужского производства уже поставляются как на российский, так и на зарубежные рынки.

Официальное открытие калужского шинного производства "Континенталь" состоялось 29 октября 2013 года. В настоящий момент завод производит шины трех популярных брендов: "Континенталь", "Гиславед" и "Матадор" в диапазоне от 13-ти до 18-ти дюймов. Производство 20-тидюймовых шин стартует в 2016 году. Калужский завод стал вторым предприятием концерна, выпускающим зимние шипованные шины. Их производство было запущено в Калуге в январе 2014 г., а в апреле 2015 г. на заводе началось серийное производство зимних шипованных шин "АйсКонтакт-2", в производстве которых используются уникальные технологии шипования и вулканизации шипа.

Новым шагом в развитии завода в 2015 году стало расширение каналов сбыта продукции. Начались поставки калужских шин на конвейеры таких автопроизводителей, как "Форд", ВАЗ и "Нисан". Ведется работа и с иностранными рынками: в настоящий момент продукция предприятия экспортируется в 15 зарубежных стран: Белоруссию, Украину, скандинавские страны, Германию, Францию, Бельгию, Испанию, Великобританию, Италию, Португалию, Польшу и Турцию. В 2016 планируется дальнейшее расширение каналов сбыта и освоение новых рынков.

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Майоров С.В. — Финансирование инфраструктурных проектов за счёт создаваемой ими налоговой базы . . 1

АСМ-факты 3

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Загарин Д.А., Сальников В.И., Шабанов А.В., Ломакин В.В., Шабанов А.А. — Гибридные автомобили. Пути повышения их энергетической эффективности 4

Камышников Р.О. — Пути снижения дымности отработавших газов дизеля, регулируемого изменением его рабочего объема 7

Гладов Г.И., Рябов Д.М. — Выбор электротрансмиссии многозвенного автопоезда 10

Филатов Н.В. — Глушитель шума газового потока . . 14

Копотилов В.И. — Тормозная сила автомобильного колеса и механизм ее образования 14

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКИЙ СЕРВИС АТС

Лысанов Д.М. — Оценка качества технологического оборудования для автосервиса 19

Филатов М.И., Пузаков А.В. — Имитирование неисправностей как инструмент диагностирования автомобильных генераторов 22

Галкин М.Л., Жердев А.А., Марков В.А. — Новые антифризы для автотракторных двигателей 26

Пищулин М.В. — К вопросу о гомогенизации смеси бензинового ДВС 28

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Мороз С.М. — Технология электронной маркировки и идентификации АТС 31

Швеёв А.И., Шафигуллин Л.Н., Гумеров М.И., Шаехова И.Ф. — Свойства дисперсно-наполненного литьевого полиуретана 33

Белова Е.В., Купцов А.В., Оранова М.В. — Совершенствование процесса управления ремонтными работами на предприятиях автомобильной промышленности 35

ИНФОРМАЦИЯ

Коротко о разном 38

Главный редактор Н. А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

Балабин И.В. — *д-р техн. наук, профессор Университета машиностроения (МАМИ)*
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"*
Круглов С.М. — *зам. генерального директора ОАО "НИИТавтопром"*
Ксеневич Т.И. — *канд. физ.-мат. наук, МГТУ имени Н.Э. Баумана, НИЦ "Русаен"*
Купеев Ю.А. — *канд. техн. наук, научный консультант НИИАЭ, профессор, доктор электротехнических наук АЭН*
Мамити Г.И. — *д-р техн. наук, профессор Горского Агроуниверситета (Владикавказ)*
Марков В.А. — *д-р техн. наук, профессор МГТУ им. Н.Э. Баумана*
Николаенко А.В. — *д-р экон. наук, ректор Университета машиностроения (МАМИ)*
Никульников Э.Н. — *канд. техн. наук, НИЦИАМТ ГНЦ "НАМИ"*
Пашков В.И. — *АМО "ЗИЛ"*
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"*
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 Болорусско-российского университета (Могилев)*
Харитончик С.В. — *д-р техн. наук, доцент БНТУ (Минск)*

Информационный партнер АНО "НИЦ "Русаен"

Технический редактор *Шацкая Т.А.*
Корректор *Сажина Л.И.*
Сдано в набор 28.10.2015. Подписано в печать 22.12.2015.
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, (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 ПН № 77-7184
Цена свободная.
Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней.

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.
Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.

Уважаемые авторы и читатели!

Редакция и редакционная коллегия сообщают: научно-технический журнал
"АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ"
успешно прошел аккредитацию в ВАК для публикации работ
соискателей ученых степеней по трем отраслям наук:
05.00.00 — технические науки,
02.00.00 — химические науки,
08.00.00 — экономические науки;
и пяти группам специальностей:
05.02.00 — машиностроение и машиноведение,
05.05.00 — транспортное, горное и строительное машиностроение,
05.04.00 — энергетическое, металлургическое и химическое машиностроение,
05.09.00 — электротехника,
05.22.00 — транспорт.
Напоминаем: статьи следует подавать в редакцию заблаговременно!
С правилами оформления статей можно ознакомиться на сайте *mashin.ru*

Министерство образования и науки Российской Федерации
Перечень рецензируемых научных изданий, в которых должны быть опубликованы основные научные результаты диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук

Здравствуйте, Руслан Владимирович

Выйти

Перечень Заявки Регистрация издания Просмотр зарегистрированных изданий FAQ Инструкция

Автомобильная промышленность

Статус	Издание включено в перечень Показать историю статусов
Издание зарегистрировано в следующих международных базах данных	Chemical Abstracts
Дата поступления заявки оператору	2015-11-10
1. Наименование (название) рецензируемого научного издания	Автомобильная промышленность
6. Адрес редакции рецензируемого научного издания (фактический)	Москва, Колодезный пер., 2а
7. Контактные телефоны/факс редакции рецензируемого научного издания (с указанием кода города)	(915)412-52-56; (499)269-54-98
8. E-mail редакции рецензируемого научного издания	avtoprom-atd@mail.ru
9. ФИО Главного редактора	Пугин Николай Андреевич
18. Адрес официального сайта в сети Интернет рецензируемого научного издания в информационно-телекоммуникационной сети «Интернет» (далее – сеть Интернет)	http://mashin.ru/
30. Международный стандартный номер серийного издания (ISSN)	0005-2337