



ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.351:621.433:330.131

ОБ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЦЕЛЕСООБРАЗНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ ГРУЗОВЫХ АТС

Кандидаты техн. наук **Л.Я. ШКРЕТ** и **А.В. ИВАНОВ**
Южно-Российский ГПУ (НПИ) (8635. 22-33-44)

Дается сравнительная количественная оценка экономической целесообразности использования природного газа в автомобильных газодизелях и дизелях, конвертированных для работы на этом топливе с принудительным воспламенением в них топливовоздушной смеси.

Ключевые слова: грузовой газодизельный автомобиль, дизель, энергетическая эффективность, сжатый природный газ, коэффициент относительной экономической эффективности.

Skret L.Ya., Ivanov A.V.

ABOUT ECONOMICAL EXPEDIENCY OF USE OF TRUCKS WITH GAS-DIESELS

A comparative quantitative assessment of economic feasibility of using natural gas in automobile gas-diesel and diesel engines converted for using natural gas with forced ignition is provided.

Keywords: gas-diesel vehicle, diesel, energeticheskoy efficiency, the compressed natural gas, coefficient of relative economic efficiency.

Цены на жидкие и газообразные углеводородные моторные топлива непрерывно растут. Но – по-разному: стоимость газообразных топлив в расчете на единицу располагаемой тепловой энергии всегда ниже стоимости жидких. Например, сейчас стоимость 1 Дж теплоты от сжигания газомоторного топлива не превышает 60 % стоимости от сжигания бензина АИ-95 и дизельного топлива марки Л. Но для применения газового топлива нужно соответствующее оборудование, которое, естественно, удорожает автомобиль. В связи с этим возникает вопрос оценки целесообразности замены жидкого топлива газообразным.

Чтобы ответить на него, сравним характерные параметры дизельного грузового автомобиля для двух вариантов его работы: на дизельном и сжатом природном газе.

Главный из таких параметров, позволяющий оценить техническую эффективность использования

грузового автомобиля – коэффициент $k_{э}$, энергетической эффективности. Подсчитывается он по формуле № 1 (см. таблицу). Входящая в нее величина Q_p косвенно характеризует конструктивные особенности автомобиля, техническое его состояние, а также вид моторного топлива. Коэффициент энергетической эффективности есть разновидность показателя "энергетическая эффективность", предложенного автором работы [1]. Сама же формула аналогична соответствующим количественным показателям, отражающим топливно-энергетическую эффективность автомобиля, а также эффективному КПД двигателя, записанному в виде формулы № 2.

Преобразовав формулу № 1 применительно к газодизельному грузовому автомобилю, совершившему пробег 100 км, получаем формулу № 3. В свою очередь, значения Q_{p1} и Q_{p2} дают формулы № 4, подставив которые в формулу № 3, получаем формулу № 5.

Количественное значение $k_{э}$ отражает техническую (энергетическую) эффективность грузового автомобиля без учета удельной стоимости c_0 транспортной работы (руб./Дж), цен газового (c_1) и дизельного (c_2) топлив (руб./Дж). Но при выполнении одной и той же транспортной работы на дизельном и газодизельном автомобилях $c_0 = idem$, а соотношение же цен $\bar{c} = \frac{c_1}{c_2}$ на рассматриваемые топлива известно для

каждого региона эксплуатации автомобиля (обычно $\bar{c} < 0,6$).

На основании формулы № 5 можно выразить коэффициент экономической эффективности $k_{э1}$ газодизельного автомобиля по формуле № 6. Для дизеля $k_{э2}$ – по формуле № 7, которую можно вывести также, используя работу [2] и др.

Учитывая это, рассмотрим характерный коэффициент экономической эффективности $k_{э1}$ газодизельного автомобиля при одновременном использовании сжатого природного газа и запальной порции дизельного топлива. Это формула № 6. Она, как видим, учитывает то, как факторы $m_{тр}$, Q_1 , $Q_{2г}$, H_{u1} , H_{u2} и ρ_T влияют на экономическую эффективность эксплуа-

№ формулы	Формула	Примечания
1	$k_{эз} = \frac{A}{Q_p}$	A – эффективная работа по перевозке груза на заданное расстояние; Q_p – располагаемая теплота топлива, используемая двигателем при выполнении этой работы
2	$\eta_c = \frac{L_c}{Q_{pc}}$	L_c – эффективная работа, выполняемая коленчатым валом двигателя за определенное время (например, за один рабочий цикл); Q_{pc} – располагаемая теплота топлива, соответствующая величине L_c
3	$k_{эз} = \frac{981 m_{гп}}{Q_{p1} + Q_{p2}}$	$m_{гп}$ – масса перевозимого груза; Q_{p1} , Q_{p2} – соответственно располагаемая теплота израсходованных сжатого природного газа и дизельного топлива
4	$Q_{p1} = Q_1 H_{u1}$; $Q_{p2} = Q_2 H_{u2} = \rho_T Q_{2T} H_{u2}$	Q_1 – расход сжатого природного газа, нм^3 ; H_{u1} – низшая теплотворная способность этого газа, Дж/нм^3 ; Q_2 – расход дизельного топлива, кг/100 км ; H_{u2} – низшая теплотворная способность дизельного топлива, Дж/кг ; ρ_T – плотность дизельного топлива, кг/л ; Q_{2T} – объемный его расход, л/100 км
5	$k_{эз} = \frac{981 m_{гп}}{Q_1 H_{u1} + \rho_T Q_{2T} H_{u2}}$	–
6	$k_{э1} = \frac{981 m_{гп}}{\bar{c} Q_1 H_{u1} + \rho_T Q_{2T} H_{u2}} \frac{c_0}{c_2}$	c_0 , c_1 , c_2 – стоимость удельной транспортной работы и цены газового и дизельного топлива соответственно; $\bar{c} = c_1 c_2$
7	$k_{э2} = \frac{981 m_{гп}}{\rho_T Q_{2T} H_{u2}} \frac{c_0}{c_2}$	–
8	$\bar{k}_э = \frac{m_{гп1}}{m_{гп2}} \frac{\rho_T Q_{2T2} H_{u2}}{\bar{c} Q_1 H_{u1} + \rho_T Q_{2T1} H_{u2}}$	$m_{гп1}$ и $m_{гп2}$ – грузоподъемность автомобилей с газодизелем и дизелем

тации рассматриваемого автомобиля. Кроме того, в ней учтены величины c_0 , c_2 и соотношение \bar{c} цен при прочих равных условиях (например, тягово-скоростных свойствах и финансовых затратах на техническое обслуживание автомобиля). Естественно, предполагается, что $c_0 > 0$ и $c_2 > 0$.

Для дизельной же модификации грузового автомобиля справедлива формула № 7.

Практический интерес представляет случай для коэффициента относительной экономической эффективности $\bar{k}_э = \frac{k_{э1}}{k_{э2}}$ при замене дизельного двигателя

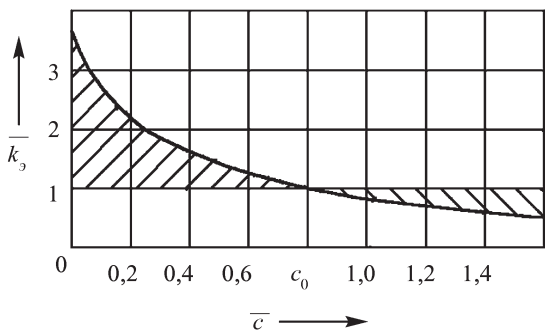
на газодизель при известных, отмеченных выше, свойствах топлив, соотношении \bar{c} цен последних и неизменных граничных условиях. Поэтому рассмотрим в качестве примера использование формул № 6, 7 и величины $\bar{k}_э$ применительно к газодизельному автомобилю КамАЗ-53208 при работе его двигателя на дизельном и газодизельном топливах. При этом для газодизельного варианта: грузоподъемность с учетом массы газовых баллонов примем равной 7500 кг; $Q_1 = 22,5 \text{ нм}^3/100 \text{ км}$; $H_{u1} = 34 \text{ МДж/нм}^3$; общий случай $\bar{c} = 0 \dots 1,6$; нормируемое значение цен $\bar{c} = 0,5$; запальная порция дизельного топлива $Q_{2T1} = 6,5 \text{ л/100 км}$; доля теплотворности этой порции в общем количестве располагаемой теплоты в газодизеле автомобиля – 22,4 %. При работе же на дизельном топливе будем считать, что $m_{гп2} = 8000 \text{ кг}$;

$\rho_T = 0,84 \text{ кг/л}$; $Q_{2T2} = 26 \text{ л/100 км}$; $H_{u2} = 42,5 \text{ МДж/кг}$, а уменьшение расхода дизельного топлива при переводе двигателя автомобиля с дизельного топлива на газодизельное составляет 75 %.

Из формул № 6 и 7 определяем значение относительного коэффициента $\bar{k}_э$ (формула № 8).

Из формулы № 8 и приведенных выше численных исходных данных для $\bar{c} = 0 \dots 1,6$ следует зависимость $\bar{k}_э = f(\bar{c})$. На рисунке, отображающем эту зависимость, четко просматриваются две области – A и B . Первая из них соответствует $\bar{c} \leq \bar{c}_0$, вторая – $\bar{c} \geq \bar{c}_0$. При $\bar{c}_0 = 0,8$ величина $\bar{k}_э = 1$, что свидетельствует о равноценной эффективности применения газового автомобиля с газодизелем и дизелем. В области A чем меньше \bar{c} , тем интенсивнее растет экономическая эффективность применения газодизельного автомобиля по сравнению с дизельным вариантом. Для случая $\bar{c} = 0$, когда в газодизеле используется предельно дешевый сжатый природный газ и запальная порция дизельного топлива, воспламеняющая газ в камере сгорания, коэффициент $\bar{k}_э$ достигает максимума $\bar{k}_э = 3,75$, а принятому значению $\bar{c} = 0,5$ соответствует $\bar{k}_э = 1,48$. В области B при $\bar{c} \geq 1$ применение газодизельного автомобиля экономически не выгодно.

Как показывают расчеты, наиболее целесообразный вариант использования грузового автомобиля – конвертация его базового дизеля в газовый с искро-



вым зажиганием: в данном случае $\bar{k}_s = 1,88$. Это значительно больше, чем в случае газодизеля с соотношением цен $\bar{c} = 0,5$. Следовательно, при замене газодизеля двигателем с той же базой, но работающим только на сжатом природном газе, коэффициент \bar{k}_s дополнительно возрастает на $\sim 27\%$. Такая модернизация обеспечивает его конкурентные преимущества по отношению ко всем другим автомобильным энергетическим установкам. Хотя, как известно, эффективный КПД турбодизелей на полных нагрузках составляет $0,40...0,45$, а у газодизелей он обычно не превышает $0,35$. Однако автомобили с газодизелями за счет использования значительно более дешевого сжатого природного газа вместо жидкого топлива реально могут иметь лучшие, чем у дизелей экономические эксплуатационные показатели.

Конечно, массовое применение газодизельных АТС в ближайшей перспективе маловероятно: ему препятствуют многие известные технические проблемы, связанные с конвертированием базового дизеля в газодизель, особенно дизеля с высоким средним индикаторным давлением. Это, прежде всего, высокие риски роста потока отказов из-за более низкой надежности работы усложненной топливной системы, коксование распылителей форсунок на рабочих режимах и др. Но работы по сокращению этих рисков продолжаются. В том числе работы по снижению доли запальной порции дизельного топлива до

10% и менее, повышению эффективного КПД на основных режимах эксплуатации газодизеля до значения $\eta_e = 0,40...0,45$, ужесточению требований к снижению токсичности отработавших газов моторной техники до уровней "Евро-5", "Евро-6" и т.п. Ясно, что результаты такого рода работ будут продолжаться, потому что дело того заслуживает: газовые двигатели выгодно отличаются меньшей дымностью работы, что особенно важно для густонаселенных регионов всех стран. Например, именно поэтому автобусный парк г. Лос-Анджелеса (штат Калифорния, США) почти на 40% газифицирован уже сегодня. Согласно же прогнозам, к 2020 г. в мире будет до 50 млн АТС различного назначения, работающих на сжатом природном газе. И наша страна в этом смысле находится в числе передовых. Газификации российского автотранспорта способствует активная работа фирм "Ивеко", "Газпром" и "КамАЗ": сотрудничество двух последних предполагает создание и внедрение АТС, использующих природный газ в качестве моторного топлива, и формирование благоприятных условий для развития газового машиностроения. В рамках данного соглашения КамАЗ отвечает за организацию производства АТС, работающих на природном газе; участвует в адаптации производственно-технической базы предприятий, эксплуатирующих эту технику; предоставляет ее для участия в выставках и т.д. Опытная эксплуатация будет проводиться силами ООО "Газпром – газомоторное топливо", обеспечивающего содействие проведению испытаний газомоторного транспорта, его заправку сжатым природным газом и координацию строительства объектов газомоторной инфраструктуры.

Литература

1. Коптилов В.И. О комплексных показателях топливно-энергетической эффективности автомобиля // Автомобильная промышленность. 2012. № 6. С. 79.
2. Карабшев В.С., Валеев Д.Х. Универсальный метод расчета КПД автотранспортных средств // Автомобильная промышленность. 2004. № 5. С. 24.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

ФИЗИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ НЕРАЗРУШАЮЩЕГО КОНТРОЛЯ СВАРНЫХ СОЕДИНЕНИЙ

учебное пособие **Н.П. Алешин**

2013 г. Объем 576 с. Формат 60x88 1/16 Переплет ISBN 978-5-94275-695-6 Цена 1000 р.



Рассмотрены дефекты сварных соединений и физические методы неразрушающего контроля, основанные на использовании различных излучений и их взаимодействий с объектами контроля. Приведены классификации и рекомендации по выбору методов неразрушающего контроля. Изложены сведения по теории, оборудованию и технологиям методов дефектоскопии различных типов сварных соединений.

Для студентов, бакалавров, магистров, подготовка которых осуществляется в области сварочного производства, а также специалистов, проходящих сертификацию по EN 437.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефону: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU

Кафедра "Дизайн" Университета машиностроения (МАМИ) отметила 20-летие со дня основания. В честь юбилея состоялся праздник, на который съехались крупнейшие специалисты сферы автомобильного дизайна России и представители зарубежных дизайн-студий.

Среди автомобильных концернов, представители которых приняли участие в празднике, такие гиганты, как "Ауди", "Фольксваген", БМВ и АвтоВАЗ, также на юбилей кафедры приехали представители компаний "Аутодек", Научно-исследовательского автомобильного и автомоторного института, Московской государственной художественно-промышленной академии имени С.Г. Строганова, компании "Вертолеты России", дизайн-ателье "Авиа концепт" и кузовного ателье "Карди". В числе гостей – руководство Союза дизайнеров России, Союза дизайнеров Москвы, Международной общественной ассоциации "Союз дизайнеров", Ассоциации автомобильных инженеров России и представители крупнейших профильных интернет-порталов – CarDesign.ru и Designet.ru.

Мероприятие было разделено на три этапа. Первой его частью стал день открытых дверей в формате выставки работ кафедры "Дизайн". Участники мероприятия смогли ознакомиться с работами выпускников прошлых лет, дипломными проектами, а также стать участниками серии мастер-классов, проводимых студентами и выпускниками кафедры. Мастер-классы демонстрировали все этапы процесса дизайна автомобиля от рисунка до изготовления прототипов деталей и масштабного макета.

Кульминацией юбилейных торжеств стала конференция "Дизайнеры МАМИ – 20 лет в мировой автоиндустрии". С приветственными словами и презентациями выступили генеральный директор ГНЦ РФ ФГУП "НАМИ" Максим Нагайцев, президент Союза дизайнеров России Юрий Назаров, президент центра промышленного дизайна "Астра Росса" Владимир Пирожков, руководитель СКБ МАМИ Сергей Алышев, главный дизайнер АВТОВАЗ Стив Маттин и выпускник 2008 г., дизайнер "Фольксваген" Арсений Костромин. Прозвучали поздравления главы концепт-отдела "Ауди" Клеменса Росснагеля и главы итальянской дизайн-школы SPD school Антонелло Фусетти.

За прошедшие годы кафедра выпустила более 200 дипломированных специалистов высшего класса, которые сегодня с успехом трудятся в десятках автомобильных кон-



цернов по всему миру. Кафедра "Дизайн" Университета машиностроения – одно из ведущих учебных подразделений в своей области, ее авторитет признан не только в России, но и за рубежом. Первая кафедра в нашей стране, где стали обучать дизайнеров для автопрома, была создана именно в Университете машиностроения (МАМИ).

"Опыт кооперации образования и реального бизнеса", Кафедра автомобильной индустрии в настоящем и будущем", – ключевые темы обсуждения на юбилейной конференции. Эксперты и дизайнеры рассказали о вкладе выпускников Университета машиностроения в развитие российской отрасли и работу прославленных автоконцернов. Прошла презентация самых интересных и известных проектов учеников и выпускников кафедры.

Кроме конференции, в МАМИ были выставлены работы выпускников прошлых лет кафедры "Дизайн", а также серия мастер-классов по технологии автомобильного дизайна. В режиме реального времени студенты кафедры представили все процессы автомобильного дизайна. Молодые специалисты продемонстрировали эскизное проектирование, 3D-моделирование, а завершающим этапом стало создание макета автомобиля из промышленного пластика.

• • • •

Заказ на поставку пассажирского транспорта для Новой Москвы получила по итогам победы в открытом электронном аукционе, организованном Департаментом транспорта и развития дорожно-транспортной инфраструктуры Москвы "Группа ГАЗ". 70 автобусов ГолАЗ-525110 стандартной комплектации и 50 аналогичных автобусов, адаптированных для перевозки людей с ограниченными возможностями передвижения, будут курсировать по маршрутам Новой Москвы – территории 21 муниципального образования на Юго-Западе Московской области общей площадью 148 тыс. га, присоединенных к столице. Общая стоимость техники – более 900 млн руб.

Автобус ГолАЗ-525110 (12500/2550/3300 мм) соответствует экологическому стандарту "Евро-4". Широкий набор опций позволяет использовать автобус на маршрутах протяженностью более 500 км. При изготовлении машины применяется двухосное шасси "Скания K250 IВ4×2", автобус комплектуется дизелем "Скания DC09 102" мощностью 250 л.с. и механической коробкой передач с автоматическим переключением. Автобус рассчитан на 60 человек (включая 51 посадочное место в стандартной комплектации и 45 мест – в автобусах, предназначенных для транспортировки лиц с ограниченными возможностями передвижения). Панорамное ветровое стекло, аквариумный тип бокового остекления увеличивают угол обзора водителю и пассажирам. Центральная система кондиционирования воздуха и система климат-контроля обеспечивают комфорт пассажиров при длительных поездках. Для преодоления сложных участков дороги используется функция подъема и опускания кузова. Система "книлинг" (наклон в сторону дверей на 7°) и установленные на 50 автобусах подъемники кассетного типа обеспечивают комфортную посадку всем категориям пассажиров.

"Группа ГАЗ" активно сотрудничает с ГУП "Мосгортранс" в течение десяти лет: с 2003 по 2013 г. для Москвы изготовлено более 6,5 тыс. автобусов. Автобусы серии "Вояж" впервые поставляются московским заказчиком: эти машины стали основной моделью автобусов, задействованных в транспортном обслуживании гостей и спортсменов XXII Олимпийских Зимних Игр 2014 г. в Сочи: 282 автобуса ГолАЗ-5251 "Вояж" и 370 автобусов ГолАЗ-6228 "Вояж L" выйдут на магистральные маршруты Прибрежно-го и Горного кластера города Сочи.



УДК 621.436

ОТКЛЮЧЕНИЕ ЦИЛИНДРОВ КАК СПОСОБ УЛУЧШЕНИЯ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Доктора техн. наук **В.А. МАРКОВ** и **С.Н. ДЕВЯНИН**,
Э.А. САВАСТЕНКО, А.А. САВАСТЕНКО
МГТУ имени Н.Э. Баумана (499. 263-69-18),
МГАУ имени В.П. Горячкина, РУДН

Рассмотрен метод улучшения топливной экономичности бензиновых двигателей, основанный на отключении части их цилиндров на режимах с неполной нагрузкой.

Ключевые слова: бензиновый двигатель, отключение цилиндров, топливная экономичность, токсичность отработанных газов.

Markov V.A., Devyanin S.N., Savastenko E.A., Savastenko A.A.

TURNING OFF CYLINDERS AS METHOD OF IMPROVEMENT GASOLINE ENGINES THERMAL EFFICIENCY

Method of gasoline engines thermal efficiency improvement by the way of turning off some of their cylinders at partial load regimes is considered.

Keywords: diesel engine, turning off cylinders, thermal efficiency, exhaust gases toxicity.

Экономичность поршневого ДВС во многом зависит от режимов его работы. Причем максимальная топливная экономичность обычно достигается на двух режимах – максимального крутящего момента и максимальной мощности. На режимах же холостого хода и малых нагрузок она всегда хуже. Но именно на этих режимах автомобильный ДВС, как известно из опыта эксплуатации, работает основную часть времени. Например, если взять городской автобус, выполненный на базе автомобиля ЗИЛ-5301 "Бычок" с дизелем Д-245 (4ЧН11/12,5), то при полной его нагрузке (полная масса 6,95 т) его двигатель работает [1] на режиме номинальной мощности ($n = 2400 \text{ мин}^{-1}$) лишь 1,2 % общего времени (рис. 1). Основная же доля работы этого двигателя (около половины) приходится на режимы холостого хода. В том числе 32,2 % – на режим холостого хода при минимальной частоте вращения коленчатого вала

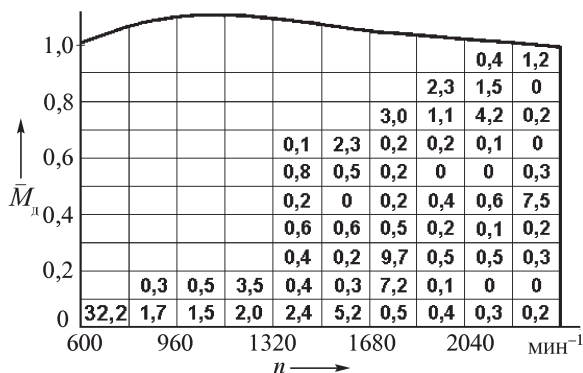


Рис. 1. Распределение режимов работы дизеля Д-245 городского автобуса

($n = 600 \text{ мин}^{-1}$). Примерно такая же картина и с режимами неполных нагрузок.

Отсюда напрашивается вывод: значимым резервом улучшения топливной экономичности автомобильного ДВС были и остаются режимы холостого хода и неполных нагрузок. И этот вывод пытаются реализовать. Причем одним из наиболее эффективных методов такой реализации считается отключение части цилиндров или рабочих циклов многоцилиндрового двигателя на частичных нагрузочных режимах. Его суть – пропуск подачи топлива в некоторые цилиндры, что можно осуществить двумя способами: отключением подачи топлива, начиная с какого-нибудь одного цилиндра до полного выключения его из работы и затем последовательно переходя к следующим цилиндрам (регулирование с последовательным отключением цилиндров), либо равномерным чередованием пропусков подачи топлива по цилиндрам (работа с пропуском рабочих ходов поршней или циклов).

Первый из этих способов уже нашел практическое применение (например, на некоторых моделях автомобилей фирм "Форд", "Хонда", "Даймлер-Бенц", а также на отечественных тракторах Т-130, тепловозных двигателях 2Д100). Второй тоже достаточно хорошо известен, но больше теоретически: ему посвящены работы Н.Н. Патрахальцева, И.Ю. Олесова, М.В. Эммиля и других авторов [2 и др.]. Однако все они сходятся в одном: этот метод перспективен для дизелей средней и большой мощности тепловозных, судовых и тракторных двигателей, а также дизелей большегрузных автомобилей. Для автомобильных же дизелей малой мощности и бензиновых двигателей он не подходит, поскольку требует сложных и крупногабаритных механизмов отключения цилиндров, а также из-за сравнительно низкого быстродействия.

Как видим, метод отключения цилиндров применяется главным образом на дизелях. Но для бензиновых ДВС эта проблема еще более актуальна, так как основная масса этих двигателей предназначена для легковых автомобилей, которые, как правило, эксплуатируются в условиях крупных городов, где они из-за дорожных пробок и заторов большую часть времени работают на режимах холостого хода и малых нагрузок. И современные системы типа "старт–стоп" положения не спасают. Они, конечно, с точки зрения экономии топлива и снижения токсичности отработавших газов достаточно эффективны, но, во-первых, требуют более мощных, чем на обычных АТС, и дорогих стартеров и АБ; во-вторых, пуск ("старт") ДВС после останова ("стоп") всегда сопряжен с большим расходом топлива и кратковременным большим выбросом несгоревших углеводородов и монооксидов углерода; в-третьих, эти режимы крайне неблагоприятны и для трехфункционального каталитического нейтрализатора отработавших газов: отключение цилиндров бензинового двигателя должно сопровождаться не только прекращением топливopодачи, но и пропусками зажигания в отключаемых цилиндрах; в-четвертых, для отключения цилиндров двигателя должны иметь электронно-управляемые устройства, воздействующие на дроссельные (воздушные) заслонки с целью поддержания постоянства крутящего момента и исключения заметной разницы в развиваемой двигателем мощности, а также для плавного переключения передач трансмиссии.

Конструктивные схемы устройств и механизмов отключения цилиндров бензиновых двигателей весьма многообразны, причем для рядных и V-образных конструкций ДВС с различным числом цилиндров ($i \geq 4$) эти схемы могут быть идентичными.

Одной из основных проблем бензиновых ДВС при отключении цилиндров является создание алгоритма их отключения (порядок работы цилиндров) и соответствующего электронного блока управления (ЭБУ), учитывающих схему КШМ. И такие алгоритмы есть. Например, для двигателя ЗМЗ-406 его создали авторы работы [3]. Благодаря этому алгоритму на режиме холостого хода часовой расход топлива у двигателя снизился на 30 %, а выброс монооксида углерода — в 5 раз. Правда, опрокидывающий момент двигателя при этом возрос, что отрицательно сказалось на шумности автомобиля. Это говорит о том, что при отключении части цилиндров необходимо оценивать или рассчитывать качественное и количественное влияние этого метода на неравномерность крутящего момента двигателя. Что и сделали авторы уже упоминавшейся работы [3]: они создали методику, которая позволяет на основе теорий ДВС и ТММ рассчитать силы и моменты двигателя, работающего без и с отключением цилиндров. Применяв эту методику, авторы [3] определили, как отключения цилиндров и циклов влияют на развитие боковой силы, прижимающей поршень к гильзе цилиндра, снижение тангенциальных составляющих, действующих на КШМ, и доказали, что неравномерность крутящего момента M_d двигателя при отключении цилиндров вызывает временную закрутку деталей трансмиссии (рис. 2). Такую неравномерность, т.е. динамику двигателей с отключением цилиндров и циклов, предлагается оценивать с помощью коэффициента μ , определяемого из следующего соотношения:

$$\mu = \frac{M_{\max} - M_{\min}}{M_{\max}}$$

Очевидно, что чем больше число отключаемых цилиндров, тем выше значение μ . Но для рядного двигателя его можно снизить в несколько раз, если вместо плоской схемы коленчатого вала применить схему пространственную.

При отключении цилиндров внешние скоростные характеристики бензиновых автомобильных двигателей существенно меняют свою форму. Это хорошо видно из рис. 3, где приведены эти характеристики четырехцилиндрового двигателя 1,4 TSI автомобиля "Ауди А1". Это двигатель с отключаемыми цилиндрами. Его номинальная мощность 103 кВт (140 л.с.), он имеет двухступенчатый наддув (турбокомпрессор и механический нагнетатель). В нем предусмотрена установка дополнительных балансирных валов, но не для уравнивания сил инерции второго порядка поступательно движущихся деталей, а для устра-

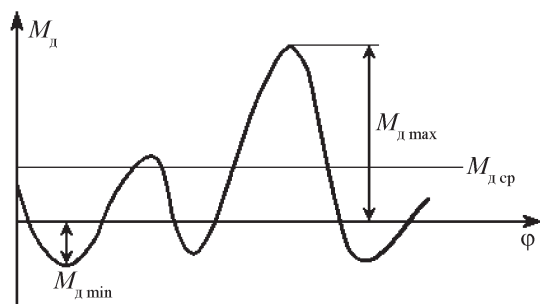


Рис. 2. Изменение крутящего момента двигателя по углу поворота коленчатого вала

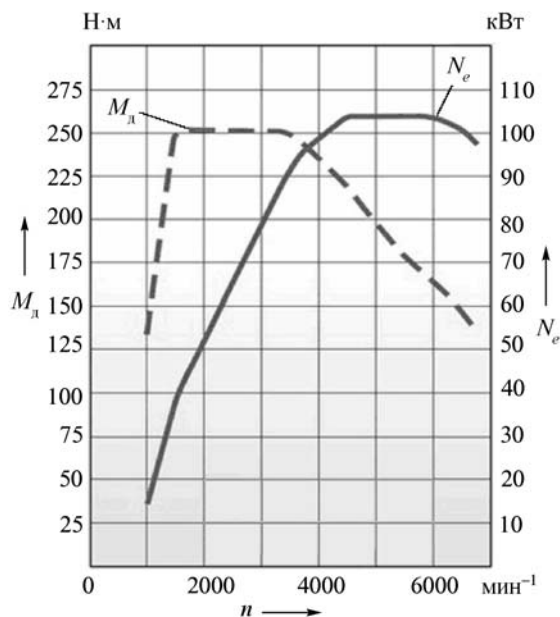


Рис. 3. Внешняя скоростная характеристика двигателя 1,4TFSI с отключаемыми цилиндрами

нения вибраций при работе в двухцилиндровом режиме. Для этих целей используется также и новый двухмассовый маховик. Во избежание проблем с деформациями из-за разности температур (остывающие неработающие цилиндры) отключаются только второй и третий цилиндры.

Эффективность метода отключения части цилиндров или рабочих циклов многоцилиндрового двигателя на частичных нагрузочных режимах зависит от многих факторов: показателей самого двигателя, распределения режимов его работы в условиях реальной эксплуатации, числа и алгоритмов отключения цилиндров или рабочих циклов и т.д. Как показали исследования, выполненные фирмой "Фольксваген", эффективность системы отключения двух цилиндров в значительной степени определяется скоростью движения автомобиля и нагрузкой на двигатель: чем меньше нагрузка и частота вращения коленчатого вала, тем больше выигрыш в экономичности от отключения цилиндров. Причем, наибольший (20...27 %) выигрыш в топливной экономичности наблюдается при низких (до 50 км/ч) скоростях движения автомобиля. Например, при работе на четвертой передаче и скорости движения 50 км/ч экономия топлива составляет 18 % (рис. 4).

Отключение части цилиндров или рабочих циклов многоцилиндрового двигателя на частичных нагрузочных режимах может быть реализовано различными методами. Так, в рассматриваемом двигателе 1,4 TSI цилиндры отключаются с помощью гидромеханического устройства, сдвигающего кулачки впускных и выпускных клапанов на режимах с частотой вращения от 1400 до 4000 мин⁻¹ и частичной нагрузкой. При этом проблема с вибрацией решена за счет эффекта "газовой пружины" (сжатый воздух в отключенном цилиндре толкает поршень вниз). Но вибрации можно снизить и с помощью балансирных валов или гидропор ("подушек") двигателя. Вообще же идею отключения цилиндров на четырехцилиндровых двигателях впервые (с 1982 г.) реализовала фирма "Мицубиси" на своем бензиновом двигателе рабочим объемом 1,4 л и назвала это решение модульным рабочим объемом. До этого никто не решался на такой шаг из-за большой степени неравномерности крутящего момента у рядного двигателя

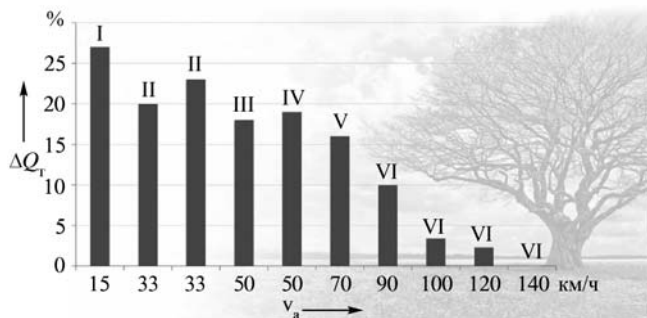


Рис. 4. Эффективность отключения двух цилиндров двигателя (римские цифры – номера передач)

при отключении части его цилиндров. "Мицубиси" же пошла на это, и после целого комплекса исследований получила данные, приведенные в таблице. Правда, в 1996 г. она закрыла эту программу в связи с появлением систем изменения фаз газораспределения и хода клапанов (MIVEC).

Из европейских производителей первой применила систему отключения цилиндров фирма "Даймлер-Бенц": часть двигателей типа V8 и V12 она начала комплектовать системой отключения цилиндров в 1999 г. Затем концерн "Дженерал Моторс" на двигателе V8 также применил систему отключения цилиндров с помощью специальных гидрокompенсаторов, размещенных между распределительным валом и толкателями клапанов. Первой же в мире фирмой, внедрившей в массовое производство систему отключения цилиндров на четырехцилиндровых двигателях серии TSI, стала "Фольксваген". Ее гидромеханическая система привода клапанов отличается от конструкций других фирм наличием двух типов кулачков распределительного вала, имеющих различный профиль (рис. 5).

Среди большого числа конструктивных исполнений систем отключения цилиндров бензиновых двигателей выделяются несколько типов.

Это, во-первых, двигатели с системами впрыскивания топлива и отключения его подачи. Прекращение подачи

Способ отключения	Улучшение топливной экономичности на различных режимах, %		
	холостой ход	скорость движения 40 км/ч	скорость движения 60 км/ч
Отключение цилиндров остановкой клапанов	42	22	16
Отключение подачи топлива с одновременным поступлением воздуха без дросселирования	37	14	8
Отключение подачи топлива с рециркуляцией отработавших газов	37	14	8
Прекращение подачи топлива с сохранением дросселирования отработавших газов	26	13	8

топлива в одни цилиндры сопровождается соответствующим увеличением подачи топливовоздушной смеси в другие работающие цилиндры. В таком двигателе по заданной программе возможно отключение отдельных циклов, что снижает газодинамические потери и коэффициент остаточных газов, но увеличивает коэффициент наполнения. Эффективность этих систем повышают еще и за счет дополнительного устройства, соединяющего впускные каналы с выпускной системой работающих цилиндров.

Во-вторых, двигатели, оборудованные системой газообмена с отключаемым приводом клапанов, который может быть механическим, гидравлическим или электрическим. Такие системы достаточно эффективны, не требуют усложнения конструкции двигателя, но для них необходимо использовать механизм, предотвращающий подсос масла через ЦПГ при длительной работе с отключенными цилиндрами.

В третьих, двигатели, во впускных и выпускных коллекторах которых устанавливаются дополнительные заслонки, предназначенные для прекращения подачи рабочей топливовоздушной смеси в цилиндры или направления в них воздуха или отработавших газов. Такие конструкции используются в двигателях фирмы BMW.

Несмотря на имеющиеся конструктивные различия систем отключения цилиндров в ДВС, сущность этого метода улучшения показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов бензиновых двигателей состоит в следующем: на режимах холостого хода и малых нагрузках прекращается работа части цилиндров, а необходимая мощность развивается оставшейся частью цилиндров. При снижении нагрузки увеличивается доля механических потерь в индикаторной работе и механический КПД двигателя падает. А эта мощность, как известно, определяется ее потерями на трение между поршнем и гильзой цилиндра ($N_{тр}$), в подшипниках коленчатого вала ($N_{подш}$), на привод вспомогательных агрегатов ($N_{всп}$) и в процессе газообмена ($N_{газ}$).

При отключении части цилиндров остальные цилиндры двигателя работают при большей нагрузке и с лучшим эффективным КПД, меньшим удельным эффективным расходом топлива и, как правило, с меньшим выбросом токсичных веществ с отработавшими газами. Так, при работе восьмицилиндрового ДВС на режиме с частичной нагрузкой и отключении четырех цилиндров весь объем воздуха направляется четырем оставшимся. Нагрузка последних должна увеличиваться вдвое, и эффективный КПД двигателя η_e повысится в соответствии с известными соотношениями:

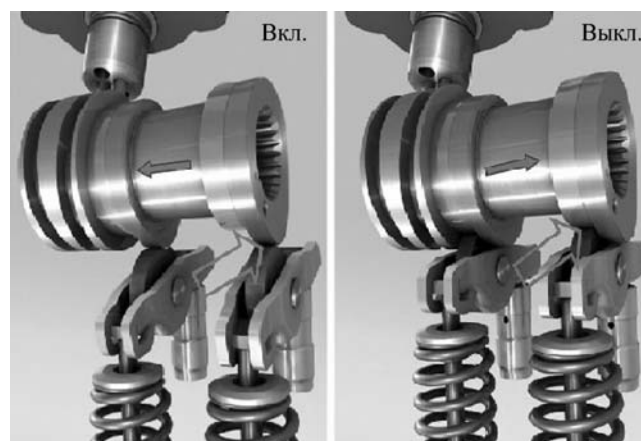


Рис. 5. Профили кулачков распределительного вала двигателя "Фольксваген", оснащенного системой отключения цилиндров

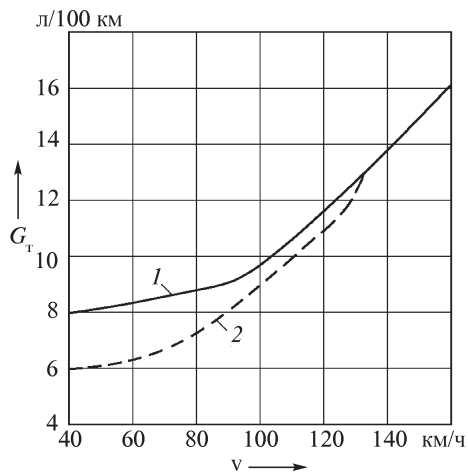


Рис. 6. Зависимость путевого расхода топлива автомобиля с двигателем "Порше 928", оснащенным системой отключения цилиндров от скорости движения:

1 – все цилиндры включены; 2 – отключены четыре цилиндра

$$\eta_{\text{мех}} = \frac{N_e}{N_i} = \frac{N_i - N_{\text{мех}}}{N_i} = 1 - \frac{N_{\text{мех}}}{N_i}$$

$$\eta_e = \eta_i \eta_{\text{мех}}$$

где N_e , N_i , $N_{\text{мех}}$ – эффективная и индикаторная мощность, мощность механических потерь; η_e , η_i , $\eta_{\text{мех}}$ – эффективный, индикаторный и механический КПД.

Следует также отметить, что охлаждающая поверхность у четырех цилиндров меньше, чем у восьми. В связи с этим

уменьшается количество теплоты, отводимое в систему охлаждения. Следовательно, уменьшается и расход топлива. Кроме того, у выключенных с помощью закрытых клапанов цилиндров отсутствуют насосные потери, топливовоздушная смесь в них не подается и находящийся там газ последовательно сжимается и расширяется. Работа, затраченная на сжатие газа, снова освобождается при расширении при небольшом отводе теплоты в охлаждающую среду. Все это благоприятно сказывается на эффективном КПД и расходе топлива. Что хорошо видно из рис. 6, где представлена зависимость эксплуатационного расхода Q_T топлива автомобиля с двигателем "Порше 928" с системой отключения цилиндров от скорости v_a движения автомобиля: отключение цилиндров обеспечивает экономию топлива от 25 до 35 %.

Таким образом, эффективность реализации метода отключения цилиндров или циклов сомнений не вызывает. При сравнительно несложной реализации этого метода он обеспечивает существенное улучшение показателей топливной экономичности и токсичности отработавших газов бензиновых двигателей, работающих в широком диапазоне скоростных и нагрузочных режимов.

Литература

1. Грехов Л.В., Иващенко Н.А., Марков В.А. Системы топливоподачи и управления дизелей: учебник для вузов. Второе издание. М.: Изд-во "Легион-Автодата", 2005. – 344 с.
2. Возможности улучшения экономических и экологических свойств дизелей КамАЗ-740 отключением цилиндров и циклов на режимах холостых ходов и малых нагрузок / Д.Х. Валеев, В.А. Гергенредер, И.Ю. Олесов и др. // Двигателестроение. 1991. № 89. С. 62–69.
3. Зеер В.А., Мартынов А.А. Моделирование кривошипно-шатунного механизма ДВС с отключаемыми цилиндрами // Известия Томского политехнического университета. 2008. Т. 312. № 4. С. 40–44.

УДК 629.3

ЭКОНОМИЧНЫЕ И ЭКОЛОГИЧНЫЕ ВАРИАНТЫ ФОРМИРОВАНИЯ КРУТЯЩЕГО МОМЕНТА В СИЛОВЫХ УСТАНОВКАХ КОМБИНИРОВАННЫХ (ГИБРИДНЫХ) СХЕМ

Канд. техн. наук **А.А. ГРАБОВСКИЙ, И.А. МАКСЯШЕВ**
Пензенский ГУ (8412. 93-58-45)

Рассматриваются варианты формирования крутящего момента в комбинированных (гибридных) автомобильных силовых агрегатах, позволяющие улучшить их экономические и экологические показатели.

Ключевые слова: крутящий момент, комбинированные и гибридные силовые агрегаты, двигатель внутреннего сгорания, интегрированный мотор-генератор, экономические и экологические показатели.

Grabovskiy A.A., Maksyashev I.A.

ECONOMIC AND ECOLOGICAL OPTIONS OF FORMING TORQUE IN THE POWER-PLANT HYBRID AND COMBINED SCHEMES

The options of forming torque in the hybrid and combined power units with possible change of economic and ecological indicators which allow to increase its economic and ecologic parameters are presented.

Keywords: torque, combined and hybrid power units, internal combustion engine, the integrated motor-generator, economic and ecological indicators.

В настоящее время, как известно, применяются три способа формирования крутящего момента в комбинированных (гибридных) силовых установках – последовательный, параллельный и смешанный [1]. Все они до муфты

сцепления включительно не отличаются от традиционного способа, т.е. крутящий момент ДВС передается через сцепление. А вот далее начинаются различия, связанные с наличием второго, электрического, привода.

Так, при последовательной схеме крутящий момент ДВС передается на ротор жестко закрепленного на коленчатом валу электрогенератора (мотор-генератора), вырабатывающего электрический ток, который, в зависимости от режима работы автомобиля, может поступать на тяговые электродвигатели ведущих колес (мотор-колеса, если они есть) или АБ, или на оба этих потребителя энергии. Параллельная схема отличается от традиционной тем, что, во-первых, в ней между муфтой сцепления и коробкой передач установлен редуктор; во-вторых, с этим редуктором соединен тяговый электродвигатель, запитываемый от АБ, подзаряжаемой только за счет рекуперации энергии торможения (генератора, питающего АБ, в схеме нет). Смешанная схема, как следует из ее названия, объединяет две предыдущие: в ней, как и во второй схеме, между сцеплением и коробкой передач есть редуктор, но АБ подсоединена к нему не через тяговый электродвигатель, а через электрогенератор. Сама же она питает тяговый двигатель или мотор-колеса.

Таким образом, получается, что при параллельной схеме ДВС напрямую с ведущими колесами не связан, т.е. мощность используется только для привода генератора: при параллельной схеме, наоборот, – только для привода этих колес, а при смешанной – для привода и ведущих колес, и электрогенератора. То есть ДВС в первом случае может все время работать на постоянном режиме, близком к оптимальному с точки зрения его КПД и экологических

показателей отработавших газов, а во втором и третьем – на тех же режимах, что и на обычном автомобиле. Отсюда и традиционная проблема – необходимость улучшения его экономических и экологических свойств. Особенно для силовых установок, выполненных по второй и третьей схемам.

Способов такого улучшения известно много. Но наиболее интересен, по мнению авторов статьи, способ, предложенный в работе [1]. Его суть – отключение нескольких цилиндров ДВС на тех режимах работы автомобиля, где полная мощность не нужна. Например, фирмы "Фольксваген" и "Даймлер-Бенц", отключая четыре из восьми цилиндров при движении автомобиля в населенных пунктах и на среднескоростных автомагистралях, а фирма "Хонда" – три цилиндра из шести, улучшали топливную экономичность своих двигателей на 20 %. При этом количество вредных веществ в отработавших газах двигателей тоже значительно снижалось. Правда, у этого способа есть существенные недостатки. А именно: неравномерность изнашивания деталей ЦПГ; снижение температуры отключаемых цилиндров, а значит, ухудшение экономических и экологических показателей ДВС при последующем включении неработающих цилиндров; рост ударных нагрузок на детали и шумности двигателя. Но все это, как показывает практика, не снижает его привлекательности для фирм. Скажем, та же "Хонда" ради выигрыша 20 % в расходе топлива пошла на то, чтобы усложнить конструкцию силовой установки, включив в ее состав генератор шумоподавления, приводимый в действие в момент перехода двигателя на режимы с отключением цилиндров.

Однако авторы считают, что большинство из перечисленных недостатков можно устранить. Например, чтобы температура двигателя поддерживалась на уровне не ниже 343...353 К (70...80 °С), он должен постоянно находиться в работе. И с решением данной проблемы при движении ав-

томобиля на электрической тяге или в ожидании разрешенного сигнала светофора вопросов нет: ДВС должен работать на режиме холостого хода. Что же касается других режимов движения, то решение может быть одно – дискретное изменение мощности (ДИМ) ДВС за счет отключения группы его цилиндров. Но не одних и тех же, как это обычно делается, а поочередно их отключения (пат. № 2380562 и 2473818, РФ). Причем главное здесь – разработать соответствующий алгоритм функционирования ДВС в режиме дискретного изменения мощности при реализации управляемого газораспределительного механизма.

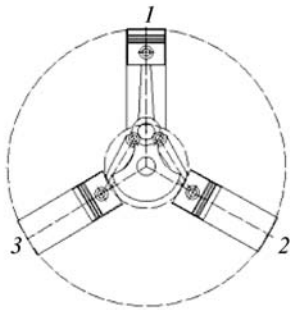
И такая возможность есть. Например, при реализации режима по пат. № 2380562 цилиндры отключаются поочередно, с шагом пропуска между рабочими ходами (конец предыдущего и начало последующего), выражающимся через угол φ поворота коленчатого вала (формула № 1 в табл. 1).

Так, в двухтактном трехцилиндровом ДВС с нормальным (1–2–3) порядком работы (пат. № 2146010, РФ), схема которого приведена на рис. 1, применен так называемый растянутый порядок, обеспечивающий поочередный пропуск срабатывания цилиндров в зависимости от требуемой на каждом обороте коленчатого вала мощности. То есть для этого двигателя при переходе на 50%-й отбор мощности этот порядок следующий: 1–0–3–0–2–0, а при переходе на 10...25%-й отбор мощности на режиме холостого хода или при работе ДВС в буферном режиме комбинированной (гибридной) силовой установки – 1–0–0–0–2–0–0–3, где 0 – шаг φ пропуска между рабочими ходами, равный 120° п.к.в.

Аналогичные схемы, в принципе, можно применить и для всех типов двигателей, работающих как по двухтактному, так и по четырехтактному циклу. Например, на рис. 2 показана реализация ДИМ применительно к рядному четырехцилиндровому четырехтактному ДВС с порядком ра-

Таблица 1

№ формулы	Формула	Примечания
1	$\varphi = (2 \pi m - \pi i) / i$	m – частота вращения коленчатого вала двигателя за полный цикл срабатывания всех цилиндров двигателя; i – число цилиндров
2	$\varphi' = (2 \pi m - \pi i) / i + \pi$	–
3	$m_{ор} = m_a + i' m_n$	i' – число "пассивных" цилиндров
4	$N'_e = p_e V_h i n / 30 \tau$; $M'_e = \frac{3 \cdot 10^4 N'_e}{\pi n}$	p_e – эффективное давление в цилиндрах ДВС, МПа; V_h – объем цилиндра, л; i – число цилиндров; n – частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹ ; τ – тактность двигателя
5	$T_{эл} = T_0 e^{\frac{n}{U}}$	n – текущая частота вращения вала электродвигателя при его пуске, т.е. при $n_p = 0$; T_0 – значение крутящего момента в начальный момент ($n = 0$); U – коэффициент, характеризующий тип двигателя
6	$I \dot{\omega} = - M_{тр} - M_b$	I – момент инерции маховика; $M_{тр}$ – момент потерь трения; M_b – момент инерционных потерь
7	$M_{тр} = 0,5 m_m g f d$	m_m – масса маховика; $f = 0,002$ – коэффициент трения; d – диаметр вала подшипника; g – ускорение свободного падения
8	$M_b = 1,61 \cdot 10^{-12} \cdot n^{1,7} \cdot p^{0,7} (1 + 4,4 L / D) D^{4,4}$	M_b – момент вентиляторных потерь; n – частота вращения дополнительного маховика; $\omega = \pi n / 30$ – угловая скорость; p – давление среды (в долях от атмосферного); L – ширина маховика; D – его диаметр
9	$I \dot{\omega} = - \left[0,5 m_2 g f d + 1,61 \cdot 10^{-12} n_2^{1,7} p^{0,7} \left(1 + \frac{4,4 L}{D} \right) D^{4,4} \right]$	–
10	$\frac{d}{dt} \omega(t) = -1,79 \cdot 10^5 \omega(t)^{1,7} - 3,48 \cdot 10^2$	–



- 1 – цилиндр - начало рабочего хода;
- 2 – цилиндр - начало сжатия;
- 3 – цилиндр - конец рабочего хода.
- 100 % мощности, порядок работы 1-2-3, 1 оборот коленчатого вала;
- 50 % мощности, порядок работы 1-0-3-0-2-0, 2 оборота коленчатого вала;
- 25 % мощности, порядок работы 1-0-0-0-2-0-0-0-3-0-0-0, 4 оборота коленчатого вала.

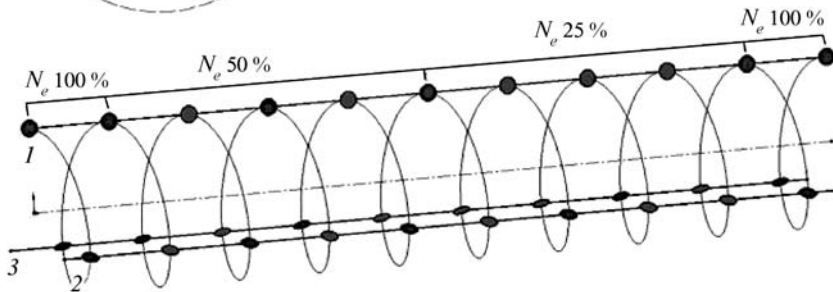


Рис. 1. Схема формирования "растянутого" порядка работы цилиндров трехцилиндрового двухтактного ДВС с вертикальным коленчатым валом с нормальным порядком работы 1–2–3: 1, 2, 3 – номера цилиндров

боты 1–3–4–2 при $\varphi = 0; 360; 720$ и 0° п.к.в ($0; 2\pi; 4\pi$ и 0 рад.).

Для увеличения числа вариантов дискретизации и расширения диапазона мощностей для каждого из известных ДВС возможна реализация усовершенствованного способа ДИМ (пат. № 2473818, РФ). В этом случае из общего числа цилиндров двигателя формируется основная группа активных цилиндров и одна или две вспомогательные группы. В каждой из этих групп обеспечивается "растянутый" порядок работы цилиндров с шагом пропуска между началами рабочих ходов (предыдущего и последующего), соответствующим формуле № 2.

Рассмотренное выше техническое решение, естественно, исключает повышенный износ "активных" цилиндров и значительное снижение температуры "пассивных" цилиндров. Кроме того, оно обеспечивает равномерность хода двигателя, т.е. его динамическую уравновешенность. Однако при переходе в режим ДИМ возникают, к сожалению, дополнительные нагрузки на "активные" цилиндры, обусловленные насосными потерями в "пассивных" цилиндрах, а также силами, возникающими при сжатии воздуха в этих цилиндрах. (Правда, последние частично ком-

пенсированы на такте расширения.) Несколько увеличивается и часовой расход топлива при работе двигателя на режиме холостого хода, а также его удельный расход при работе на режимах частичных нагрузок.

Но в любом из режимов ДИМ состав отработавших газов должен улучшаться, поскольку на единицу их массы m_a в "активном" цилиндре приходится несколько единиц массы m_q чистого воздуха из цилиндров "пассивных" (формула № 3).

При реализации газораспределительного механизма с электрогидравлическими приводами или использовании вместо традиционных клапанов поворотных распределительных элементов (например, типа "шаровой кран") возникает и еще одна возможность значительно снизить нагрузки на "активные" цилиндры с одновременным улучшением процесса функционирования ДВС в целом.

Так, если после такта впуска в "пассивном" цилиндре его впускной клапан оставить в открытом положении, то такт сжатия как таковой будет проходить при значительно меньшей нагрузке, а выходящий из него воздух создавать подпор давления во впускном коллекторе, что, безусловно, благоприятно скажется на наполняемости "активного" цилиндра на такте впуска.

А если впускной клапан оставить в открытом положении на третьем такте (мнимый рабочий ход), а на четвертом такте (выпуск) выпустить его через выпускной клапан в выпускной коллектор при закрытом впускном клапане, то концентрация вредных веществ в отработавших газах, выходящих из "активного" цилиндра, существенно снизится.

Например, при реализации рассматриваемой методики применительно к рядному пятицилиндровому четырехтактному ДВС (рис. 3) при его переходе на ДИМ с отбором 50 % мощности на каждый такт впуска "активного" цилиндра приходится один такт выхода чистого воздуха во впускной коллектор "пассивного" цилиндра, а на каждый выпуск отработавших газов "активного" цилиндра – один выпуск чистого воздуха из "пассивного" цилиндра.

При переходе же на ДИМ с отбором 33 % мощности на каждый такт впуска "активного" цилиндра приходится уже два такта выхода чистого воздуха во впускной коллектор "пассивных" цилиндров, а на каждый такт выпуска отрабо-

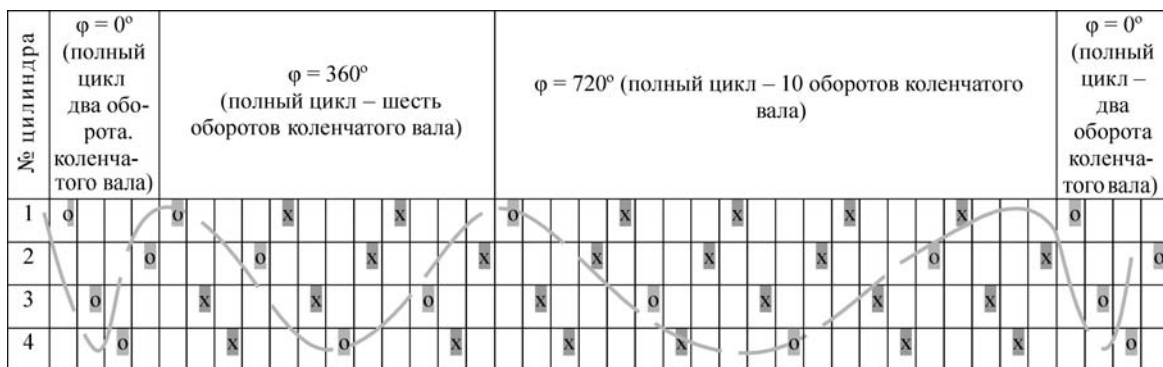
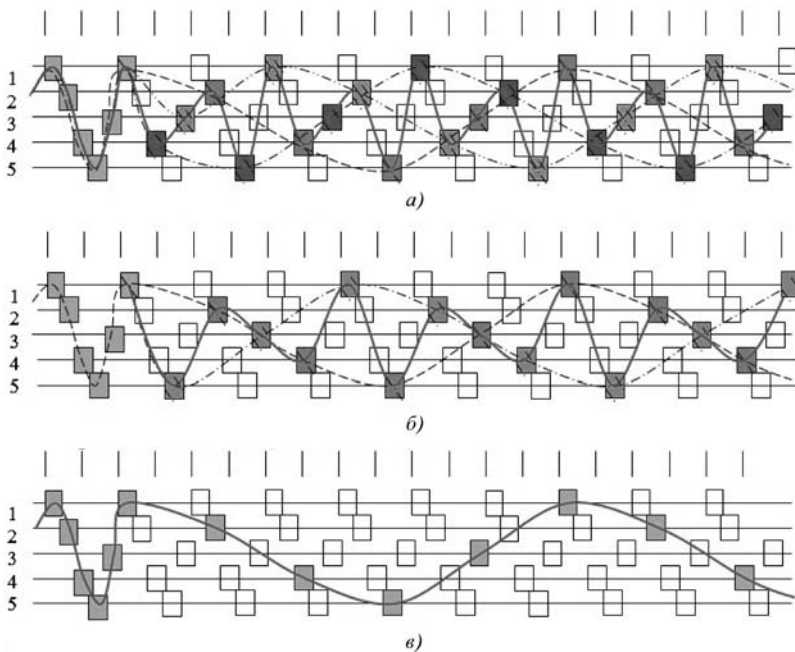


Рис. 2. Пример реализации дискретного изменения мощности ДВС



Примечание: На рисунках цифрами обозначены номера цилиндров, стробы соответствуют оборотам коленчатого вала, а затененные и светлые фигуры обозначают «активные» и «пассивные» цилиндры соответственно, при нормальном и «растянутом» порядке работы.

Рис. 3. Схема реализации принципа динамического изменения мощности (ДИМ) на рядном четырехтактном пятицилиндровом ДВС при 50 %-й (а), 33 %-й (б) и 15 %-й (в) их мощности, т.е. при частичных, средних нагрузках и (частично) холостом ходу; частичных нагрузках и холостом ходу; холостом ходу

тавших газов из "активного" цилиндра – два выпуска чистого воздуха из "пассивных" цилиндра. При этом начало первого такта выхода чистого воздуха из "пассивного" цилиндра и окончание второго такта значительно перекрывают начало и окончание фазы впуска "активного" цилиндра, что позволяет обеспечить равномерность подпора воздуха во впускном коллекторе, а следовательно, повысить наполняемость "активного" цилиндра.

Наконец, при переходе на ДИМ с отбором 15 % мощности на каждый такт впуска "активного" цилиндра приходится четыре такта выхода чистого воздуха во впускной коллектор "пассивных" цилиндров, а на каждый такт выпуска отработавших газов "активного" цилиндра – два такта выпуска чистого воздуха из "пассивных" цилиндров.

И такой алгоритм может быть применен на всех существующих ДВС.

Таким образом, есть все основания сделать вывод: переход двигателя на дискретное изменение мощности с реализацией управляемого газораспределительного механизма как по значению фаз и их длительности, так и по состоянию "открыт-закрыт" позволяет повысить эффективность работы ДВС в режиме ДИМ за счет улучшения наполняемости "активных" цилиндров вследствие повышения давления во впускном коллекторе, а также снизить концентрацию вредных веществ в отработавших газах. Причем при разных уровнях отбора мощности от ДВС, т.е. в различных условиях эксплуатации автомобиля.

Теперь рассмотрим теоретические основы перехода ДВС на ДИМ и формирования крутящего момента в комбинированных (гибридных) силовых установках.

Очевидно, что процесс формирования крутящего момента в такой установке, работающей по любой из трех

схем, в идеале должен обеспечиваться каждым ее элементом схемы, и каждый из этих элементов должен быть готов мгновенно включиться в работу (иметь тепловой режим на уровне предварительного или окончательного прогрева ДВС). Эта готовность достигается, как сказано выше, постоянством работы ДВС на любом из режимов формирования крутящего момента или на холостом ходу. И это может быть обеспечено следующим образом.

В процессе пуска и прогрева ДВС он работает в обычном режиме – с нормальным (исходным) порядком работы. Когда же температура охлаждающей жидкости достигнет температуры, соответствующей предварительному прогреву (313...323 К, или 40...60 °С), ДВС может быть переведен в режим ДИМ путем организации растянутого порядка его работы с отбором 15...20 % (в зависимости от типа двигателя) мощности. При этом может продолжаться или его прогрев в режиме ДИМ, или привод мотор-генератора для подзарядки тяговых накопителей энергии (АБ), или движение автомобиля и работа силовой установки по любой из схем, или работа в обычном режиме.

Так, в случае последовательной схемы, т.е. формирования крутящего момента от интегрированного с двигателем мотор-генератора (последовательная схема), ДВС работает в режиме ДИМ со значением мощности (крутящего момента), равной затратам на преодоление его внутреннего трения (момента сопротивления). При необходимости же увеличить тяговое усилие на ведущих колесах автомобиля он мгновенно включается и начинает работать в буферном режиме с тяговым электродвигателем (рис. 4).

При параллельной или смешанной схеме работа ДВС отличается алгоритмом формирования крутящего момента при последовательной схеме, но ее варианты, в общем-то, идентичны (рис. 5).

Эффект от использования рассматриваемого технического решения состоит в том, что увеличивается производительность ДВС (за счет уменьшения времени его выхода на режим при переходе на полную мощность), улучшаются

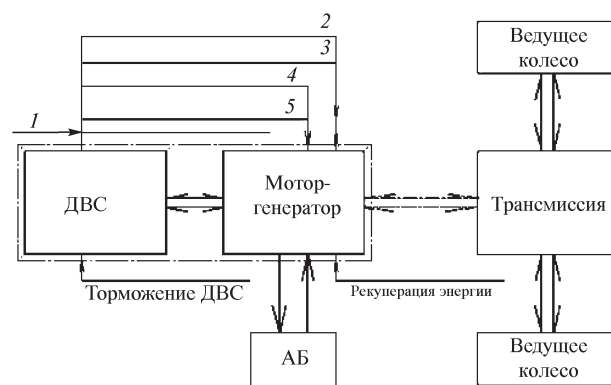


Рис. 4. Режимы работы ДВС и схема формирования крутящего момента в нераздельных комбинированных (гибридных) силовых агрегатах:

1 – пуск, прогрев ДВС на нормальном и дискретном режимах изменения мощности; 2 – формирование крутящего момента в режиме ДИМ; 3 – формирование крутящего момента в нормальном режиме; 4 – привод генератора в режиме ДИМ; 5 – привод генератора в нормальном режиме

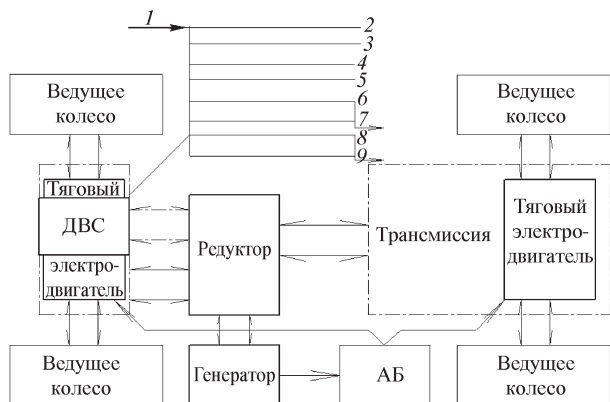


Рис. 5. Режимы работы ДВС и схема формирования крутящего момента в разделенных комбинированных (гибридных) силовых агрегатах:

1 – пуск; 2 – прогрев ДВС в нормальном режиме; 3 – прогрев ДВС в режиме ДИМ; 4 – холостой ход ДВС в нормальном режиме; 5 – холостой ход ДВС в режиме ДИМ; 6 – привод генератора в нормальном режиме; 7 – привод генератора в режиме ДИМ; 8 – формирование крутящего момента в нормальном режиме; 9 – формирование крутящего момента в режиме ДИМ

его экономические и экологические показатели, а также повышается надежность его функционирования, поскольку обеспечивается гарантированное включение его в работу в любом из режимов отбора мощности и равномерный износ деталей ЦПГ.

Рядный четырехцилиндровый ДВС с порядком работы при $\varphi = 0$ п.к.в. 1–3–4–2 на 33%-ю мощность переходит при порядке работы 1–0–0–2–0–0–4–0–0–3–0–0 ($\varphi = 360^\circ$ п.к.в.), а на режиме холостого хода с переходом на 20%-ю мощность – при порядке 1–0–0–0–0–3–0–0–0–0–4–0–0–0–0–2–0–0–0–0–0 ($\varphi = 720^\circ$ п.к.в.).

Вот что дает, например, расчет и построение внешних скоростных характеристик двигателя ЗМЗ-405.2 на различных режимах его нагрузки, в ходе которых были использованы известные значения эффективной мощности (N_e) и эффективного крутящего момента (M_e), а также зависимости $N_e' = f(M_e', n)$, необходимые для определения значений этих параметров при их дискретизации. Эти зависимости [2] описывают формулы № 4.

Результаты расчета того и другого параметра для рассматриваемого двигателя приведены в табл. 2 (в ней $P_{эд}$ и $T_{эд}$ соответственно мощность и крутящий момент электродвигателя).

Расчетные исследования показали также, что при переходе двигателя на дискретное изменение мощности на каждую объемную единицу выбрасываемых им продуктов сго-

рания будет приходится две или четыре объемных единицы воздуха, поступающего в выпускную систему из "пассивных" цилиндров. Это приведет, в зависимости от режима работы ДВС при ДИМ, к снижению концентрации вредных веществ в общем объеме отработавших газов в 3–5 раз.

При формировании крутящего момента в комбинированной (гибридной) силовой установке, ДВС которой работает с возможностью дискретного изменения мощности, возникает необходимость определения скоростной характеристики электродвигателя, т.е. зависимости его крутящего момента от частоты n_p вращения его ротора. Ее дает формула № 5, а результаты расчета по ней – тоже в табл. 2. И несложные расчеты с использованием приведенных в ней данных свидетельствуют: в силовой установке с формированием крутящего момента от ДВС переход на ДИМ с 33 %-м значением мощности возможен только при движении автомобиля в городском цикле или по проселочной дороге на первой и второй передачах. Однако переход на режим холостого хода возможен в любых условиях. Формирование же крутящего момента при переходе двигателя на ДИМ с 50 и 66%-м значением мощности поддержание среднего скоростного режима возможно при параллельной схеме формирования крутящего момента. Возможно и движение в городском цикле, но только на скоростях до 60 км/ч.

Причина этого: на средних частотах n вращения коленчатого вала суммарный крутящий момент ($M_e + T_{эд}$) становится несколько меньше крутящего момента, снимаемого с коленчатого вала ДВС при нормальном режиме его работы. Что практически исключает возможность движения автомобиля в режиме набора скорости, но позволяет поддерживать установившуюся скорость движения в режиме ДИМ и формирования суммарного крутящего момента.

Особого внимания заслуживает техническое решение, при котором (рис. 6, а) ротор мотор-генератора 3 устанавливается на коленчатом валу ДВС 1 не жестко, как это делается сейчас в последовательных схемах, а свободно и, кроме того, он соединен с дополнительным маховиком 2 ДВС. Следовательно, он может выполнять функцию инерционного маховика. При этом крутящий момент с основного маховика с ДВС с помощью муфты 4 сцепления и далее через коробку передач 5, карданную передачу 6, главную передачу 8 с дифференциалом передается на ведущие колеса 7. Ротор мотор-генератора 3 при этом может находиться в двух различных режимах функционирования: вращаться свободно без связи с дополнительным маховиком 2 и вращаться, будучи соединенным с этим маховиком. Оба эти режима очень хорошо себя оправдывают на автомобилях, оснащенных системой "стоп–старт", которая, как известно, автоматически останавливает ДВС на запрещающем сигнале светофора, в ожидании разрешающего сигнала на железнодорожном переезде и т.п. Первый из этих режимов позволяет накопить энергию в маховике 2, а второй – использовать ее для пуска ДВС и трогания автомобиля с места при разрешающем сигнале светофора. Для пуска двигателя в данном случае используется и кине-

Таблица 2

n , мин ⁻¹	1000	1500	2000	2500	3000	3500	4000	4500	5000	5500
P_e , кВт	15,0	29,4	40,9	55,1	65,1	73,5	88,2	102,9	112,3	110,3
T_e , Н·м	158,0	187,2	197,7	212,0	207,2	201,0	210,6	218,4	214,9	–
P_e' , кВт	–	9,9	13,8	18,5	21,7	24,6	29,4	34,3	37,5	–
T_e' , Н·м	–	63,0	65,9	70,7	69,1	67,1	70,2	72,8	71,6	–
$T_{эд}$, Н·м	150	150	143	137	131	128	123	118	114	–
$T_e' + T_{эд}$	150	213	209	208	200	195	193	191	186	–
$T_e + T_{эд}$	308	337	341	349	338	329	334	336	329	–

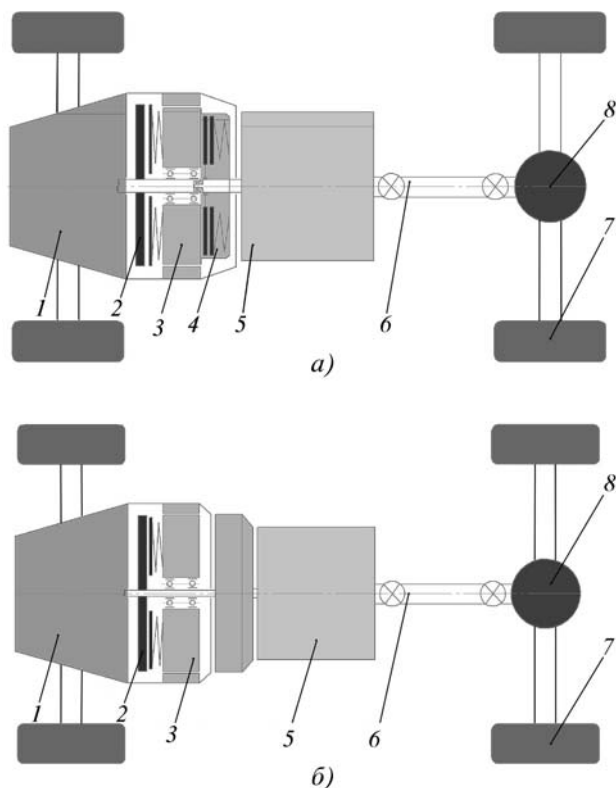


Рис. 6. Параллельные схемы привода со сводно установленным на коленчатом валу ДВС ротором мотор-генератора: наличии (а) и отсутствии (б) муфты сцепления в составе мотор-генератора:

1 – ДВС; 2 – дополнительный маховик; 3 – мотор-генератор; 4 – муфта сцепления; 5 – коробка передач; 6 – карданная передача; 7 – ведущие колеса; 8 – главная передача

тическая энергия вращающейся инерционной массы самого ротора мотор-генератора следующим образом.

При подъезде автомобиля к запрещающему сигналу ротор мотор-генератора вращается вместе с основным и дополнительным маховиками. При остановке автомобиля АСУ подает сигнал, в соответствии с которым ротор отсоединяется от коленчатого вала, двигатель останавливается, а ротор продолжает вращаться. И при необходимости пуска двигателя от АСУ подается соответствующий сигнал, по которому ротор подключается к дополнительному маховику. За счет запасенной в нем кинетической энергии осуществляется проворот коленчатого вала и пуск двигателя. При длительной же остановке автомобиля (в заторах, пробках, на железнодорожных переездах) частота вращения ротора, вращающегося по инерции, может снизиться до критической, т.е. той, при которой пуск ДВС еще возможен, но – на пределе. Чтобы она не снизилась еще больше, АСУ, не дожидаясь возможности продолжить движение автомобиля, выдает сигнал на пуск двигателя, который и раскручивает ротор до определенной частоты, а затем снова выключает ДВС. Процесс пуска и остановка может повторяться, но раскручивать ротор мотор-генератора, в принципе, можно и с помощью АБ, потому что энергия, отдаваемая ею при его раскрутке, по величине сравнима с энергией запуска стартера, т.е. отдаваемая ею мощность очень незначительна.

Управление ротором мотор-генератора осуществляет, как сказано выше, АСУ. Работает она по сигналам датчиков его частоты вращения, а также частот вращения основного и дополнительного маховиков. Для этого водитель лишь по-

дает команду, при остановке автомобиля полностью отпуская педаль акселератора, а при пуске двигателя и начале движения на разрешающий сигнал светофора нажимая на нее. В этом случае роль стартера при пуске ДВС берет на себя, о чем тоже сказано выше, мотор-генератор: он подкручивает коленчатый вал ДВС, работая в буферном режиме. То есть силовая установка становится, так сказать, вдвойне гибридной, что позволяет значительно снизить вредные выбросы при разгоне автомобиля с неработающим ДВС. Далее при формировании суммарного крутящего момента, начиная с холостого хода двигателя и до его номинальной нагрузки, уже будет буферный режим, при котором ДВС может функционировать и в режиме ДИМ.

При торможении автомобиля мотор-генератор переключается в режим генерации и рекуперации энергии торможения: осуществляется подзарядка АБ. При этом часть энергии торможения будет поглощаться ДВС, что является некоторым недостатком системы.

Холодный пуск двигателя также может осуществляться с помощью мотор-генератора за счет энергии АБ, что позволяет исключить из состава ДВС стартерный пуск. В таком режиме формирования крутящего момента ДВС готов включиться в работу из любого режима ДИМ и в любой момент времени.

Переход на ДИМ при параллельной схеме формирования крутящего момента возможен и в режиме холостого хода. Например, при движении в населенном пункте, по проселочной дороге и на среднескоростной магистрали. При этом для гашения крутильных колебаний коленчатого вала мотор-генератор между "активными" рабочими ходами используется как электродвигатель, а на такте расширения он переходит в режим генератора.

При реализации схемы, приведенной на рис. 6, б, т.е. отсутствии муфты 4 сцепления, крутящий момент снимается с маховика 2 ротора мотор-генератора 3. При этом ДВС может находиться в режиме прогрева с обычным порядком работы цилиндров или режиме ДИМ и после достижения порогового значения температуры – подключиться к процессу формирования крутящего момента в буферном режиме совместно с мотор-генератором, работающим в режиме электродвигателя. Для чего обе муфты 4 сцепления (с основным и дополнительным маховиками) должны быть включены, тогда крутящий момент будет передаваться на ведущие колеса. Но через коробку передач 5, карданную передачу 6 и главную передачу 8 с дифференциалом. Все остальные режимы, за исключением режима рекуперации энергии, осуществляются аналогично. Режим же рекуперации энергии и зарядка АБ при торможении осуществляется в более выгодных условиях, если ДВС отключен (это способствует повышению эффективности преобразования одного вида энергии в другой).

Расчет дополнительной инерционной массы (ротора мотор-генератора) того же двигателя ЗМЗ-405.2 авторы проводили по такой технологии.

Сначала было составлено дифференциальное уравнение вращательного движения маховика (формула № 6). Затем в него было подставлено значение $M_{тр}$, формулу для вычисления которого предложил в свое время Н.В. Гулиа (формула № 7). Наконец, по формуле № 8 определялось значение $M_{в}$. В итоге формула № 6 превращалась в формулу № 8.

При массе дополнительного маховика $m = 35$ кг и моменте инерции $I = 0,345$ кг·м² получаем дифференциальное уравнение (формула № 9). Решая его методом Рунге–Кутты, определяем, что частота n_0 вращения дополнительной инерционной массы, при которой возможен уверенный пуск двигателя, составляет 930 мин⁻¹, время t сво-

бодного ее вращения от начальной частоты его вращения, равной 1300 мин^{-1} , – 400 с.

Кроме функции пуска двигателя, инерционная масса мотор-генератора может использоваться и для более уверенного и плавного процесса трогания автомобиля с места, так как увеличение момента инерции двигателя за счет подключения этой массы повышает кинетическую энергию вращающихся его деталей, которая тратится на процесс трогания. Правда, применение данной идеи на существующих ДВС затруднено, поскольку требует изменения компоновки как их самих (добавление двух муфт сцепления), так и трансмиссии. Но оно вполне реально на вновь проектируемых двигателях нетрадиционных конструктивно-компоновочных схем.

Думается, что разработанные авторами способ дискретного изменения мощности ДВС и методика перехода от нормального порядка его работы на порядок "растянутый", найдут тех, кто сможет их реализовать, потому что это решение направлено на серьезное повышение экономических и экологических показателей ДВС. Тем более что благоприятное сочетание "активных" и "пассивных" цилиндров (например, в четырех- и пятицилиндровых ДВС)

может быть обеспечено без изменения принципа работы газораспределительного механизма.

Еще больший интерес представляет реализация методики и способа на многоцилиндровых ДВС. Правда, там потребуются газораспределение с управляемыми фазами и открывающимися по заданному закону впускными и выпускными клапанами. Но это снизит насосные потери, следовательно, существенно повысит экономичность таких ДВС на режимах незначительных нагрузок и холостого хода.

Не меньший выигрыш могут дать и те варианты исполнения ДВС, при которых на их коленчатом валу через муфты сцепления присоединен ротор мотор-генератора так, как пока что никто не делает за рубежом.

Литература

1. Системы отключения цилиндров. http://systemsauto.ru/engine/cylinder_deactivation.html.
2. Умняшкин В.А. и др. Выбор мощности тягового электродвигателя, двигателя внутреннего сгорания и параметров накопителей гибридных силовых установок автомобилей: Учеб. пособие. Ижевск: НИЦ "Регулярная и хаотичная динамика", 2006. – 137 с.

УДК 629.113

МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ РАЗДАТОЧНОЙ КОРОБКИ

Кандидаты техн. наук **А.А. БЕРДНИКОВ** и **Е.В. СВИРИДОВ**
Пермский ВИ ВВ МВД России, г. Пермь (8963. 873-62-00)

Дается математическое описание раздаточной коробки с регулируемой величиной рассогласования.

Ключевые слова: движение автомобиля, раздаточная коробка, кинематическое рассогласование, математическая модель.

Berdnikov A.A., Sviridov E.V.

THE MATHEMATICAL MODEL OF THE TRANSFER CASE

The mathematical description of the transfer case with an adjustable size mismatch will be of great interest to specialists.

Keywords: movement of the vehicle, transfer case, kinematical lack of coordination, mathematical model.

Одно из важнейших назначений раздаточной коробки – распределять крутящий момент между ведущими мостами полноприводных (многоприводных) автомобилей с тем, чтобы

обеспечить им высокие опорно-сцепные качества при любых дорожных условиях.

Вариантов такого распределения всего лишь два – симметричное или несимметричное по ведущим мостам. И это позволяет сделать раздаточную коробку кинематически унифицированной, т.е. пригодной для автомобилей с различной колесной формулой. Однако спроектировать такую коробку, не изучив ее динамических процессов, невозможно.

Поэтому рассмотрим кинематическую (рис. 1) и динамическую (рис. 2) схемы и попытаемся дать ее математическое описание с учетом режима самоблокирования дифференциала под действием внутреннего трения. Для чего сначала проанализируем два состояния межосевых связей дифференциала – принудительное, или заблокированное, состояние и дифференциальное распределение мощностей. Уравнения этих распределений могут быть записаны исходя из условия равновесия крутящих моментов в раздаточной коробке [1, 2]. При этом для принудительного распре-

деления момента (мотор M вращает эпициклические шестерни планетарных рядов коробки в соответствии с рис. 1) и, как частный случай, для заблокированного его состояния (мотор M не вращает, а блокирует эпициклические шестерни) уравнения будут иметь вид формул № 1 (см. таблицу). Значения M_1 , M_2 и M_m дает, как видно из формулы № 1, формула № 2.

Очевидно, что в этом случае при $M_m = 0$ привод заблокирован и крутящий момент по ведущим мостам распределяется симметрично, а при $M_m \neq 0$ имеет место принудительное несимметричное распределение крутящего момента.

Для дифференциального состояния межосевой связи между ведущими мостами, т.е. когда мотор M находится в свободном режиме и не подводит крутящий момент к дифференциалу, уравнения примут вид формулы № 3, если использовать уравнение кинематики планетарного ряда (формула № 4) – формулы № 5.

Условием, описывающим равновесие моментов дифференциальной связ-

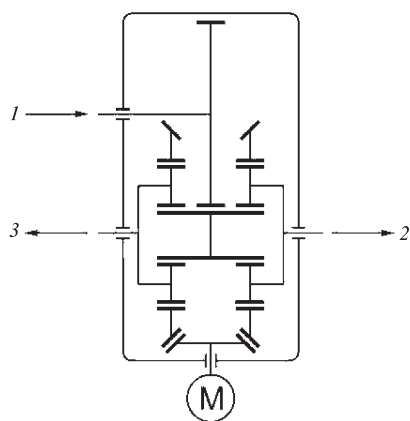


Рис. 1. Схема раздаточной коробки и направления передаваемого ею крутящего момента:

1 – от коробки передач; 2 – к заднему ведущему мосту; 3 – к переднему ведущему мосту; M – мотор

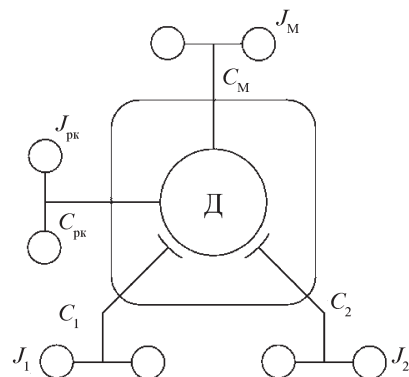


Рис. 2. Динамическая расчетная схема

№ формулы	Формула	Примечания
1	$M_{\text{рк}} = M_1 + M_2 - M_{\text{м}} =$ $= c_1[(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) - i_p(\varphi_{\text{м}} - \varphi_1)] +$ $+ c_2[(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) - (1 - i_p)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_2)]$	$M_{\text{рк}}$ – крутящий момент, подводимый к раздаточной коробке от двигателя; $M_{\text{м}}$ – крутящий момент, подводимый к раздаточной коробке от мотора; M_1, M_2 – крутящие моменты, передаваемые на передний и задний ведущие мосты соответственно; c_1, c_2 – суммарные жесткости участков до переднего и заднего ведущих мостов соответственно; $\varphi_{\text{рк}}, \varphi_{\text{м}}, \varphi_1, \varphi_2$ – углы закрутки участков дифференциала под действием крутящих моментов $M_{\text{рк}}, M_{\text{п}}$ и моментов M_1, M_2 ; i_p – рассогласование $M_{\text{м}}$ между планетарными рядами раздаточной коробки ($0 \leq i_p \leq 1$)
2	$M_1 = c_{\Sigma} \{(1 + p)\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1 - p\varphi_2\};$ $M_2 = p c_{\Sigma} \{(1 + p)\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1 - p\varphi_2\}$	–
3	$M_{\text{рк}} = M_1 + M_2$	–
4	$(1 + p)\omega_{\text{рк}} = \omega_1 + p\omega_2$	$\omega_{\text{рк}}, \omega_1, \omega_2$ – угловые скорости вращения ведущего, первого и второго звеньев дифференциала; p – его кинематический параметр
5	$M_2 = p M_1$	–
6	$M_{\text{рк}} = (1 + p)c_{\Sigma} \{(1 + p)\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1 - p\varphi_2\};$ $M_1 = c_{\Sigma} \{(1 + p)\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1 - p\varphi_2\};$ $M_2 = p c_{\Sigma} \{(1 + p)\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1 - p\varphi_2\}$	c_{Σ} – суммарная жесткость участка трансмиссии между передним и задним ведущими мостами
7	$c_{\Sigma} = \frac{c_1 c_2}{p^2 c_1 + c_2}$	–
8	$M_{\text{рк}}^6 = \{(pc_1 - c_2)^2 \varphi_{\text{рк}} - c_1 [p(pc_1 - c_2) - i_p(p^2 c_1 + c_2)] \varphi_1 + c_2 [p(pc_1 + c_1) -$ $- i_p(p^2 c_1 + c_2)] \varphi_2 - [i_p c_1 (p^2 c_1 + c_2) + (1 - i_p)(p^2 c_1 c_2 + c_2^2)] \varphi_{\text{м}} / (p^2 c_1 + c_2)\};$ $M_1^6 = \{c_1 [p(pc_1 - c_2) \varphi_{\text{рк}} - (p^2 c_1 - i_p(p^2 c_1 + c_2)) \varphi_1 -$ $- i_p(p^2 c_1 + c_2) \varphi_{\text{м}} + p c_2 \varphi_2] / ((p^2 c_1 + c_2));$ $M_2^6 = \{c_2 [(c_2 - p c_1) \varphi_{\text{рк}} + (p^2 c_1 - i_p(p^2 c_1 + c_2)) \varphi_2 -$ $- ((1 - i_p)(p^2 c_1 + c_2)) \varphi_{\text{м}} + p c_1 \varphi_1] / (p^2 c_1 + c_2)$	–
9	$M_{\text{рк}} = \{c_1 [pk_6(pc_1 - c_2) + c_2(1 + p)](\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) +$ $+ c_2 [pc_1(1 + p) - k_6(pc_1 - i_p c_2)](\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) - k_6 c_1 [i_p(p^2 + c_2)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_1) +$ $+ p^2 c_2(1 - i_p)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_2)] + k_6 c_2^2 (\varphi_{\text{рк}} - \varphi_{\text{м}})\} / (p^2 c_1 + c_2);$ $M_1 = \{c_1 [k_6 p^2 c_1 + c_2](\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) + p c_2 (1 - k_6)(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) -$ $- k_6 i_p (p^2 c_1 + c_2)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_1)\} / (p^2 c_1 + c_2);$ $M_2 = \{c_2 [pc_1(1 - k_6)(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) + (p^2 c_1 + k_6 i_p c_2)(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) -$ $- k_6 p^2 c_1 (1 - i_p)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_2) + k_6 c_2 (\varphi_{\text{рк}} - \varphi_{\text{м}})] / (p^2 c_1 + c_2)$	–
10	$J_{\text{рк}} \ddot{\varphi}_{\text{рк}} + \{c_1 [pk_6(pc_1 - c_2) + c_2(1 + p)](\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) +$ $+ c_2 [pc_1(1 + p) - k_6(pc_1 - i_p c_2)](\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) -$ $- k_6 c_1 [i_p(p^2 + c_2)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_1) + p^2 c_2(1 - i_p)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_2)] +$ $+ k_6 c_2^2 (\varphi_{\text{рк}} - \varphi_{\text{м}})\} / (p^2 c_1 + c_2) = -M_{\text{рк}}^c;$ $J_1 \ddot{\varphi}_1 - \{c_1 [k_6 p^2 c_1 + c_2](\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) + p c_2 (1 - k_6)(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) -$ $- k_6 i_p (p^2 c_1 + c_2)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_1)\} / (p^2 c_1 + c_2) = -M_1^c;$ $J_2 \ddot{\varphi}_2 - \{c_2 [pc_1(1 - k_6)(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_1) + (p^2 c_1 + k_6 i_p c_2)(\varphi_{\text{рк}} - \varphi_2) -$ $- k_6 p^2 c_1 (1 - i_p)(\varphi_{\text{м}} - \varphi_2) + k_6 c_2 (\varphi_{\text{рк}} - \varphi_{\text{м}})] / (p^2 c_1 + c_2) = -M_2^c$	$J_{\text{рк}}$ – суммарный момент инерции ведущих деталей раздаточной коробки; J_1, J_2 – суммарные моменты инерции ведомых элементов дифференциала и эти же моменты, приведенные к валу раздаточной коробки; $M_{\text{рк}}^c; M_1^c; M_2^c$ – моменты потерь в соответствующих узлах

зи, является формула № 5. Тогда можно записать формулы № 6. Входящий в нее параметр c_{Σ} дает формула № 7.

Взаимосвязанность двух состояний дифференциальной связи выражается через момент внутреннего трения. Математически этот момент представля-

ется разностью соответствующих формул № 1, 2 и 6, которая после соответствующих преобразований примет вид формул № 8.

Очевидно, что полное блокирование дифференциала обеспечивается блокирующим моментом $M_{\text{макс}}^6$, а ре-

жимам частичной блокировки соответствуют промежуточные значения (от $M_{\text{мин}}^6$ до $M_{\text{макс}}^6$) этого момента. Следовательно, при введении в качестве множителей коэффициент k_6 блокировки с диапазоном их изменения от нуля до единицы в данные формулы и просум-

мировав их с соответствующими формулами № 1 и 2, получив единую форму математического представления блокируемой дифференциальной связи. Это формулы № 9.

Имея результирующие уравнения, отражающие равновесие крутящих моментов, на основании рис. 2 получаем математическое описание раздаточной коробки в виде формул № 10, которые описывают ее общую модель с изменяющейся величиной кинематического рассогласования i_p и учетом блокирующего момента. Предельные значения последнего определяются по формулам № 8, они учитывают ее работу при различных состояниях дифференциала: в случае принудительного распределения крутя-

щего момента между ведущими мостами с величиной рассогласования i_p , а также блокированном и дифференциальном его состояниях.

Литература

1. Аксененко В.Д., Петров А.В. Планетарные и гидравлические передачи. М.: Воениздат МО СССР, 1961. – 248 с.
2. Осеичугов В.В., Фрумкин А.К. Автомобиль: Анализ конструкций, элементы расчета: учебник для студентов вузов по специальности "Автомобили и автомобильное хозяйство". М.: Машиностроение, 1989. – 304 с.

УДК 629.113

ПОДВЕСКА ПЕРСПЕКТИВНОГО СОВРЕМЕННОГО АРМЕЙСКОГО АВТОМОБИЛЯ ВЫСОКОЙ ПРОХОДИМОСТИ

Канд. техн. наук **В.В. ГУДКОВ, П.А. СОКОЛ**
ВУНЦ ВВС "ВВА" (г. Воронеж) (473. 244 -78-53)

Рассмотрены особенности и требования к современному армейскому автомобилю и специальной шасси высокой проходимости, а также концепция таких АТС.

Ключевые слова: полноприводный автомобиль, проходимость, сопротивление, трансмиссия.

Gudkov V.V., Sokol P.A.

THE CAR SUSPENSION FOR THE MODERN ARMY VEHICLE

The article deals with peculiarities and requirements for modern army vehicle and special running gear with high cross-country ability, as well as the concept of the vehicles' development.

Keywords: all-wheel-drive vehicle, cross-country ability, resistance, transmission.

В Вооруженных Силах РФ полноприводные автомобили применяются, главным образом, в качестве базовых шасси и тягачей для вооружения, техники родов войск и служб, специальных автомобилей общевойскового назначения. Причем особые требования предъявляются к подвижности таких машин, их способности преодолевать препятствия и длительно двигаться по бездорожью с достаточно высокой скоростью.

Эти свойства объединяются понятием "проходимость" и в значительной мере определяются тем, насколько эффективно трансмиссия распределяет мощность между ведущими мостами и колесами АТС. В частности, для специалистов совершенно очевидно: чтобы улучшить проходимость АТС, необходимо повысить его тяговые свойства и снизить затраты мощности на его движение, т.е. при заданной величине подводимой мощности режим движения с минимальной потерей мощности эквивалентен режиму движения с максимально возможной силой тяги.

В настоящее время существует несколько концепций, определяющих конструктивные схемы полноприводных АТС. Так, сторонники "классической" схемы автомобиля общевойскового назначения считают, что он должен быть в основном транспортным, т.е. работать преимущественно на дорогах с твердым покрытием, иметь максимальную унификацию по агрега-

там с коммерческими грузовыми автомобилями, балансирную подвеску среднего и заднего мостов с шинами умеренного размера, выбранными из расчета грузоподъемности, а также технологическую преемственность и ремонтпригодность. При этом основной упор в критике других схем они делают на соразмерность стоимости и большую массу автомобиля высокой проходимости безмостовой схемы, а жесткую подвеску считают архаичной для современных условий. Однако несложные расчеты показывают, что увеличение массы автомобиля из-за такой подвески незначительно, а его себестоимость в массовом и серийном (и даже мелкосерийном) производствах будет не выше цены "классического" полноприводного автомобиля.

Главное же, все существующие конструктивные схемы серийных полноприводных автомобилей имеют существенные недостатки, которые делают эти АТС не совсем пригодными для ВС РФ. И таких недостатков как минимум восемь.

1. Картеры коробки передач, раздаточной коробки и ведущих мостов при движении автомобиля задевают за неровности дороги (бульдозерный эффект), что приводит к его застреванию в колеях или его поломкам.

2. У механических коробок передач при преодолении сложных участков пути во время переключения передач

неизбежен разрыв потока мощности, могут сильно меняться крутящий момент или частота вращения коленчатого вала, и, как следствие, имеет место срыв грунта, особенно в случае шин с малой высотой протектора при его высокой насыщенности.

3. Большой радиус продольной проходимости и малые углы переднего и заднего свесов не позволяют автомобилю двигаться по сильнопересеченным, с короткими крутыми подъемами и спусками участкам местности.

4. Автомобили не могут преодолевать глубокие придорожные канавы и кюветы.

5. Работа отключающих муфт трения сопровождается непрерывными ударными нагрузками в трансмиссии, которые могут стать причиной серьезных ее повреждений [1].

6. Повышенная вертикальная нагруженность переднего ведущего моста, по сравнению с аналогичной нагруженностью задней тележки, делает автомобиль склонным к самозакапыванию.

7. У автомобилей, имеющих дифференциально-блокированную схему трансмиссии, сохраняется возможность циркуляции паразитной мощности при движении с высоким коэффициентом сцепления [2].

8. Существующие рамы, которыми комплектуют полноприводные автомобили, не всегда выдерживают статические и динамические нагрузки, причем методика расчета их конструкций зачастую весьма приближена.

Для Вооруженных Сил необходим массовый универсальный автомобиль высокой проходимости, способный перевозить не только грузы и личный состав, а также смонтированные на нем различные системы, но и обладающий рядом других специфических свойств: высокой проходимостью на участках с повышенным дорожным сопротивлением, причем с сохранением приемлемой скорости; удельной мощностью, достаточной для получения хорошей динамики; надежной буксировочной способностью и большим запасом тяги при движении по бездорожью; способностью преодолевать крутые снежные и песчаные подъемы, а также подъемы на

твердых грунтах, а в случае неудачи по преодолению подъема — способностью останавливаться не из-за недостатка крутящего момента на колесах, а из-за их пробуксовки; способностью двигаться по сильно выбитым проселочным дорогам со скоростями, превышающими средние скорости движения автомобилей с рессорной подвеской, причем с сохранением устойчивости и управляемости.

Чтобы выполнить эти требования, конструкция перспективного универсального полноприводного автомобиля высокой проходимости должна иметь ряд специфических качеств. Например, для уменьшения сопротивления от бульдозерного эффекта форма его днища должна быть плоской, с очень небольшим лобовым углом или радиусом скругления, закрытой нижней частью рамы, на днище не должно быть выступающих элементов; передаточные отношения в трансмиссии и ее конструкция должны обеспечивать максимальный динамический фактор в широком диапазоне скоростей движения автомобиля, а его двигатель должен обеспечивать достаточно высокое значение крутящего момента в широком диапазоне частот вращения его коленчатого вала; высота автомобиля должна быть меньше высоты ав-

томобиля с традиционной (классической) подвеской, что благоприятно скажется на его устойчивости, росте грузоподъемности без существенного превышения полной массы; его дорожный просвет должен быть не менее 500 мм и (в перспективе) иметь возможность регулировки; для этого автомобиля крайне желательны гидродинамическая или гидромеханическая передача и демультипликатор, способные обеспечить очень низкие скорости движения, плавную, без разрыва силового потока и рывков на ведущих колесах передачу крутящего момента по левому и правому бортам без срыва грунта; рама автомобиля должна иметь жесткость, достаточную, чтобы противостоять динамическим нагрузкам, возникающим при движении в условиях бездорожья; для распределения общего передаточного отношения и момента по трансмиссии, снижения габаритных размеров и увеличения надежности автомобиль должен иметь бортовые и колесные редукторы; подвеска его управляемых колес должна быть независимой для каждого колеса, иметь верхние и нижние поперечные рычаги, телескопические газожидкостные амортизаторы и торсионы с возможностью регулирования жесткости и клиренса; масса и габаритные разме-

ры автомобиля должны быть минимальными, при этом нормальные нагрузки на опорную поверхность не должны превышать величин допустимых для условий бездорожья; автомобиль по средним скоростям движения, запасу хода, проходимости в тяжелых дорожных условиях должен превосходить зарубежные аналоги, а в конструкции его деталей должен применяться материал с низким коэффициентом трения.

Все перечисленные особенности наиболее просто реализовать тогда, когда подвеска колес будет выполняться в рычажно-шарнирном виде, а колесный редуктор монтироваться непосредственно в тормозном барабане; пневмогидравлические амортизаторы — регулируемые, т.е. способными менять клиренс и жесткость подвески, а также закон ее изменения, дифференциал на осях — блокирующийся, с пониженным моментом, что при аварийной ситуации позволит автомобилю двигаться без одного из колес.

Литература

1. Военные автомобили. Конструкция и расчет / под редакцией проф. В.Ф. Васильченко. Рыбинск—Рязань: Рыбинский дом печати, 1997. — 658 с.
2. Ясневич З.А. Ведущие мосты. М.: Машиностроение, 1985. — 260 с.

УДК 629.113

О ВЫСОТЕ ВЕРТИКАЛЬНОГО ПРЕПЯТСТВИЯ, ПРЕОДОЛЕВАЕМОГО ПОЛНОПРИВОДНЫМ АВТОМОБИЛЕМ

Д-р техн. наук **Г.И. МАМИТИ**, кандидаты техн. наук **С.Х. ПЛИЕВ** и **Э.К. ГУТИЕВ**,
В.Г. ВАСИЛЬЕВ
Горский ГАУ (8672. 53-28-84)

Приводится точная формула, позволяющая определить максимальную высоту вертикального препятствия, которую способен преодолеть полноприводный автомобиль.

Ключевые слова: точная формула, определение, максимальная высота, преодолеваемое вертикальное препятствие, полноприводный автомобиль.

Mamiti G.I., Pliev S.Kh., Gutiev E.K., Vasiliev V.G.

ABOUT THE HEIGHT OF VERTICAL OBSTACLE BY WHEELED VEHICLE

The precise formula for calculating the maximum height of the overcomable obstacle is received.

Keywords: precise; formula; definition; maximum; height; overcomable; vertical; obstacle; all-wheel drive; vehicle.

Самое важное требование к автомобилю специального назначения, как считал Е.А. Чудаков [1], — его способность преодолевать вертикальные препятствия. Но теоретические вопросы, связанные с реализацией этого требования, до сих пор разработаны недостаточно. В том числе и с реализацией на полноприводных АТС. Однако есть все основания утверждать, что положение начало меняться в лучшую сторону: в 2012 г. специалисты Горского ГАУ предложили научно обоснованное точное решение этой про-

блемы для двухосного автомобиля [2]. Ранее [3] была опубликована формула № 1 (табл. 1), предназначенная для определения высоты h преодолеваемого порога этим автомобилем. Но она, к сожалению, не учитывала деформации его шин и "развесовку" по осям, а также коэффициент сопротивления качению колес.

Затем авторы работы [4] дали формулу № 2, которая фактически имела те же недостатки, что и формула № 1.

После этого в работе [5] была приведена формула № 3, которая учиты-

вала и радиальную деформацию шин, и "развесовку" по осям, и коэффициент сопротивления качению. Но в ней была допущена ошибка (об этом — чуть ниже). Наконец, появились формулы № 4 и 5 [2], ставшие результатом исследования нагрузочных и расчетных режимов и условий преодоления передними колесами полноприводного автомобиля вертикального препятствия.

Результаты расчетного исследования высоты препятствия, преодолеваемого полноприводным автомобилем, по формулам № 1–5 приведены в табл. 2. Из нее видно, что только формулы № 4 и 5 дают одинаковый итог, тогда как его расчет по формулам № 1–3 отличается.

Понятно, что при расчете по формулам № 1 и 2 другого не могло и быть: они многого не учитывают. А вот что касается расчета по формуле № 3, то это — результат ошибки, о которой упоминалось выше. Ее суть заключается в том, что в знаменателе подкоренного выражения вместо $G_1 + f \varphi_n G_2$ надо было записать $G_1 - \varphi_n (\varphi_x - f) G_2$, как это сделано в формуле № 5. (Заметим, кстати, что другие формулы, приведенные в работе [5] и полученные для задне- и переднеприводного автомобилей, верны.)

Руководствуясь сказанным выше, авторы провели сравнительные расчетные исследования. При этом для авто-

№ формулы	Формула	Примечание
1	$h = r \left[1 - \frac{1 - \varphi_n \varphi_x}{\sqrt{(1 + \varphi_n^2)(1 + \varphi_x^2)}} \right]$	h – максимальная высота преодолеваемого порога; r – свободный радиус колеса; φ_x, φ_n – коэффициенты сцепления на дороге и пороге
2	$h = r \left[1 - \frac{\varphi_n \varphi_x}{\sqrt{(1 + \varphi_n^2)(1 + \varphi_x^2)}} \right]$	–
3	$h = r \left[1 - \frac{1 - \Delta / r}{\sqrt{\left(\frac{\varphi_n G_1 + (\varphi_x - f) G_2}{G_1 + f \varphi_n G_2} \right)^2 + 1}} \right]$	Δ – радиальная деформация шин; G_1, G_2 – вес, приходящийся на переднюю и заднюю оси автомобиля; f – коэффициент сопротивления качению колеса
4	$h = r [1 - (1 - \Delta / r) \cos \alpha]$	$\alpha = \arctg \frac{\varphi_n G_1 + (\varphi_x - f) G_2}{G_1 - \varphi_n (\varphi_x - f) G_2}$
5	$h = r \left[1 - \frac{1 - \Delta / r}{\sqrt{\left(\frac{\varphi_n G_1 + (\varphi_x - f) G_2}{G_1 - \varphi_n (\varphi_x - f) G_2} \right)^2 + 1}} \right]$	–

Таблица 2

№ формулы	Величина h при исходных данных		
	$G_1 / G_2 = 1; f = 0,01;$ $\Delta = 0,1r; \varphi_n = 1;$ $\varphi_x = 0,8$	$G_1 / G_2 = 1; f = 0,01;$ $\Delta = 0,1r; \varphi_n = 0,8;$ $\varphi_x = 0,8$	$G_1 / G_2 = 1; f = 0,01;$ $\Delta = 0,1r; \varphi_n = 0,8;$ $\varphi_x = 0,6$
1	0,9138 r	0,7805 r	0,6518 r
2	0,6551 r	0,6097 r	0,6786 r
3	0,5580 r	0,5180 r	0,4716 r
4	0,8950 r	0,7970 r	0,6800 r
5	0,8950 r	0,7970 r	0,6800 r

мобилей с колесной формулой 4×4 использовали формулы № 3 и 4, а для автомобилей 4×2 и 2×4 – формулами, взятыми из работ [2, 5]. И получили довольно интересные результаты.

Так, оказалось, что, во-первых, оптимальной "развесовкой" по осям полноприводного автомобиля при $\varphi_n = 0,8$ и $\varphi_x = 0,8$ следует считать $G_1 / G_2 = 0,4 / 0,6$, а при $\varphi_n = 1, \varphi_x = 0,8 - G_1 / G_2 = 0,45 / 0,55$.

Во-вторых, с увеличением радиальной деформации шины, происходящей на грани порога, высота пре-

одолеваемого препятствия всегда возрастает.

В-третьих, для задне- и переднеприводного автомобилей оптимальной "развесовкой" следует считать ту, при которой центр их масс располагается наиболее близко к ведущей оси. Но – не ближе расстояния, найденного из условия недопущения опрокидывания при разгоне и торможении.

В-четвертых, если соотнести друг к другу максимальные высоты преодолеваемых препятствий, то полноприводный автомобиль преодолевает в 2 раза большую высоту, чем заднепри-

водный, и в 3,4...4,5 раза большую, чем переднеприводный.

В-пятых, основной формулой для расчетов h полноприводного автомобиля 4×4 следует считать формулу № 4 или № 5 (одна вытекает из другой). Формула же № 3, как и следовало ожидать, дает количественно (низкие значения h) и качественно (максимальные значения h при $G_1 / G_2 = 0,3 / 0,7$) неверные результаты.

В заключение отметим, что только по формуле № 4 (и что то же № 5) можно выбрать оптимальную научно обоснованную "развесовку" автомобиля для определенных условий эксплуатации.

Литература

1. Чудаков Е.А. Избранные труды. Т. 1. Теория автомобиля. М.: Изд-во АН СССР, 1961. – 463 с.
2. Известия ФГБОУ ВПО "Горский ГАУ" // Научно-теоретический журнал. Т. 49 (4). Владикавказ. 2012. С. 211–213. Т. 50 (1). Владикавказ. 2013. С. 177–180, 181–183. Т. 50 (2). Владикавказ. 2013. С. 201–203.
3. Армейские автомобили. Теория / А.С. Антонов, Ю.А. Кононович, Е.И. Магидович, В.С. Прозоров. М.: Воениздат, 1970. – 527 с.
4. Тракторы. Теория / В.В. Гуськов, Н.Н. Велев, Н.Е. Атаманов и др. М.: Машиностроение, 1988. – 376 с.
5. Песков В.И. Теория автомобиля. Нижний Новгород: НГТУ, 2006. – 176 с.



ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

УДК 378.147.88;65.011.56

ОБУЧАЮЩИЕ АППАРАТНО-ПРОГРАММНЫЕ КОМПЛЕКСЫ КАК ИНСТРУМЕНТ КАЧЕСТВА ПОДГОТОВКИ СПЕЦИАЛИСТА ПО ЭКСПЛУАТАЦИИ И РЕМОНТУ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Доктора пед. наук **В.П. ДАВИДОВ** и **А.Г. ЛИПАТНИКОВ**,
д-р воен. наук **В.Н. ГРИГОРЬЕВ**
Дальневосточный гуманитарный университет (925. 887-08-33),
Тихоокеанский ГУ (г. Хабаровск)

Применение современных автоматизированных систем обучения, в том числе автоматизированных программных комплексов и специальных программных продуктов, выявляет ряд противоречий при подготовке инженеров по эксплуатации автомобильной техники. Использование в образовательном процессе педагогической технологии функционального моделирования позволяет формировать новые подходы к обучению этих специалистов.

Ключевые слова: педагогическая технология, аппаратно-программный комплекс, обучающийся, информационная коммуникативная технология, дидактическая модель.

Davidov V.P., Lipatnikov A.G., Grigoriev V.N.

THE TRAINING HARDWARE-SOFTWARE COMPLEX AS INSTRUMENT OF QUALITY IN BY PREPARATION OF THE EXPERT IN OPERATION AND REPAIR OF AUTOMOBILE EQUIPMENT

Use of the modern automated systems of training, including the automated program complexes and special software products, finds a number of contradictions by preparation of engineers on operation of automobile equipment. Application in educational process of pedagogical technology of functional modeling allows forming new approaches to training of these experts.

Keywords: pedagogical technology, the hardware-software complex which is training, information communicative technology, didactic model.

Развитие российской системы образования, принятие в связи с этим ряда нормативных и программных документов, в том числе и закона "Об образовании в РФ", привело к необходимости изменения существующих образовательных парадигм, взглядов на подготовку будущих специалистов. В частности, на технологии их подготовки. В связи с этим авторы провели исследование возможности использования инновационных технологий в обучающих аппаратно-программных комплексах (ОАПК). И получили довольно любопытные с практической точки зрения результаты.

Общеизвестно, что в подготовке специалистов большую значимость имеют практические занятия, в том числе с использованием тренажеров. И хотя таких комплексов даже в учебных заведениях пока еще явно недостаточно, опыт их применения в ряде вузов России уже есть. Более того, он обобщен и в какой-то мере представлен на страницах научных изданий. Причем все их авторы склоняются к одному и тому же выводу [1]: ОАПК позволяют реализовать в образовательном процессе ряд очень важных функций. Среди них: индивидуальное выполнение лабораторных и практи-

ческих заданий, способствующее развитию у обучающихся навыков самостоятельной работы; практическое решение единой для всех задачи, являющейся логическим продолжением лекции и семинара; объединение практических и семинарских занятий при изучении нескольких разделов дисциплин в рамках одной (нескольких) учебно-профессиональной игры (игр); тестирование обучающихся на базе ОАПК [2] и др. Другими словами, ОАПК приближает обучающихся к реальной будущей профессиональной деятельности.

Но вместе с тем опыт их использования свидетельствует: у этих комплексов есть определенные границы их применения. И на первом месте здесь стоит "цена вопроса": соотношение цены образца техники и ее тренажера должно быть оптимальным. В авиации, например, стоимость тренажера считается оптимальной, если составляет ~20...25 % стоимости самолета. Хотя в отдельных случаях (скажем, при подготовке специалистов для работы с ядерными реакторами) тренажер может быть дороже образца техники.

Нет смысла применять компьютеры и специальные программы в каче-

стве имитации действий операторов там, где есть доступные по цене натурные образцы техники. Так, не секрет, что для обучения специалистов по ремонту автомобилей лучше использовать "живой" автомобиль, а не монитор компьютера с его фотографией или какой-либо тренажер.

При организации обучения на ОАПК следует четко разделять его ограниченные возможности формирования практических навыков по отдельным специальностям с возможностями выработки алгоритмов и правил работы с формализованными документами. Например, подготовку инженера по эксплуатации автомобильной техники на ОАПК целесообразнее организовать в рамках оформления установленной документации, а практические навыки — прививать на автомобильном предприятии [2].

Но, несмотря на ограничения в применении ОАПК, в обучении специалистов некоторых специализаций, их роль, безусловно, преуменьшить нельзя: они позволяют успешно формировать определенные компетенции, способности выполнять профессиональные функции. Следовательно, высшей школе среди технических средств обучения важно иметь в своем арсенале и современные ОАПК. И прежде всего те, которые отвечают следующим требованиям. Они должны быть современными и компактными; удобными для создания хорошего с точки зрения обучения интерфейса; обеспечивать активные формы обучения и имитационное моделирование реальных видов предстоящей профессиональной деятельности; обладать многофункциональностью и перестраиваемостью под задачи образовательного процесса; иметь широкие возможности компьютерной обработки и анализа отрабатываемых продуктов образовательной деятельности обучающихся. То есть они должны быть инструментом "погружения" обучающегося в будущую профессиональную среду через функциональное моделирование профессиональной деятельности. Поэтому для организации процесса подготовки специалистов в области автомобильной техники с использованием ОАПК необходимо применять педагогические технологии функционального моделирования (ПТФМ).

Вот почему есть смысл начать с ответа на вопрос: каковы на сегодняшний день подходы к трактовке педагогиче-

ской технологии? Ведь их немало. Так, Б.Т. Лихачев определяет педагогическую технологию как совокупность психолого-педагогических установок, определяющих специальный набор и компоновку форм, методов, способов, приемов обучения, воспитательных средств и считает, что она есть организационно-методический инструментарий педагогического процесса. В.П. Беспалько утверждает, что педагогическая технология — это содержательная техника реализации учебного процесса, а И.П. Волков — что педагогическая технология есть описание процесса достижения планируемых результатов обучения. В понимании В.М. Монахова, педагогическая технология — продуманная во всех деталях модель совместной педагогической деятельности по проектированию, организации и проведению учебного процесса с безусловным обеспечением комфортных условий для учащихся и учителей; ЮНЕСКО определяет педагогическую технологию, как системный метод создания, применения и определения всего процесса преподавания и усвоения знаний с учетом технических и человеческих ресурсов и их взаимодействия, ставящий своей задачей оптимизацию форм образования. М.В. Кларин отмечает, что педагогическая технология означает системную совокупность и порядок функционирования всех личностных, инструментальных и методологических средств, используемых для достижения педагогических целей. Г.К. Селевко определяет [3] педагогическую технологию, как категорию педагогики, обладающую большой степенью общности, обобщенности, стереоскопичности, а пользуясь терминологией В.В. Давыдова, называет педагогическую технологию "содержательным обобщением, вбирающим в себя смыслы всех вышеприведенных определений, включая генетические корни понятия".

Но какими бы не были эти формулировки, из них следует одно: педагогическая технология способствует решению одного из самых актуальных вопросов образовательного процесса — как достигнуть поставленных педагогических целей. Для их достижения педагог использует весь комплекс доступных ему средств, в том числе и технических. В то же время игнорировать основные дидактические принципы, сформулированные еще Яном Амосом Коменским [4] (наглядность, сознательность и активность; поэтапность и систематичность знаний; практическая направленность и прочность овладения знаниями и навыками), нельзя. Это требование особенно актуально при

использовании различных обучающих аппаратно-программных комплексов.

Известно, что педагогическая технология состоит из трех частей — концептуальной, которая отвечает на вопрос, что мы хотим достичь в результате педагогической деятельности; содержательной (содержание, формы и способы изучения учебного материала); процессуальной, отвечающей на вопрос, какие организационные формы и методы обеспечат достижение поставленной педагогической цели.

Первая из них — совокупность профессиональных функций, выполняемых обучающимися, и активное применение информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в образовательном процессе (в педагогической теории эти технологии имеют прямое отношение к теории профессионально-ориентированного обучения, нацеленной на формирование высокой информационно-педагогической культуры педагогов и обучающихся).

Реализация дидактических возможностей по технологии на основе средств ИКТ позволяет обеспечить компьютерную визуализацию учебной информации; быструю обратную связь между пользователем, преподавателем и средствами ИКТ; автоматизацию процессов информационно-методического сопровождения; управление учебной деятельностью обучающихся; контроль результатов усвоения пройденного учебного материала и создание условий для активизации учебной деятельности обучающихся и улучшения качества усвоения учебного материала.

Вторая часть ПТФМ включает общие и конкретные цели, а также учебный материал, соответствующий рабочим программам учебных дисциплин. При этом целями ПТФМ являются организация учебных занятий, воспроизводящих процесс профессионального функционирования группы; обучение правилам и порядку заполнения документов установленных форм; практика отработки формализованных документов при различных режимах деятельности специалиста; формирование профессиональной культуры обучающегося.

Они реализуются, как показала практика, путем разноуровневой подготовки обучающихся, которая осуществляется делением учебной группы на подгруппы. Этот подход дает возможность педагогам планировать и проводить занятия в зависимости от способностей обучающихся к усвоению материала; обеспечения соответствия содержания учебных занятий основным профессиональным функциям специалистов; применения частных методик

преподавания с использованием специализированных технических средств, специального программного обеспечения и других комплексов, интегрированных в основной ОАПК.

Причем построение содержания учебных занятий по основным профессиональным функциям специалистов включает три этапа.

На первом из них разрабатывается содержание учебных занятий, суть которого — раскрытие функциональных блоков профессиональной деятельности обучающихся. При этом на основе паспорта специальности выделяются основные виды профессиональной компетентности, затем, полагаясь на содержание соответствующих им профессиональных функций (задач), формулируются профессиональные компетенции.

На втором этапе устанавливается взаимосвязь между профессиональной компетентностью и компетенциями в процессе обучения, реализуется иерархическое, многоуровневое моделирование. На этом этапе по каждой компетенции детализируются соответствующие ей знания, навыки и умения, которые необходимо усвоить обучающимся, определяются способы текущего контроля и промежуточной аттестации.

На третьем этапе на основе ИКТ разрабатывается комплекс баз данных для формирования и контроля развития профессиональных и профессионально-специализированных компетенций обучающихся. Здесь реализуются варианты заданий, которые составляют основу содержания учебных дисциплин, тестов проверки знаний, формализованных документов, алгоритмов действий и т.д., т.е. создается база для программированного обучения.

Процессуальная часть ПТФМ есть совокупность двух основных элементов педагогической технологии — организации учебного процесса, а также форм и методов учебной деятельности обучающихся. Но применение ПТФМ, естественно, влияет на их содержание.

Процедуры, операции, методы и приемы, из которых складывается ПТФМ, представляют собой звенья алгоритма, детально описывающего путь достижения гарантированного педагогического результата.

Основные виды занятий на ОАПК — преимущественно практические занятия (групповые упражнения), когда все обучающиеся работают в должности только одного специалиста, и учебно-ролевые игры, когда каждый обучающийся работает в составе учебной группы в роли конкретного должностного лица. При этом использование ОАПК сводится к проведению занятия, в ходе которого вырабатывается практика обучающегося в работе на подобных

комплексах и навыков деятельности в различных условиях.

Большое значение имеют и учебно-ролевые игры, представляющие собой целевое обучение по решению ситуационных задач. Методы и формы работы преподавателя в данном случае весьма разнообразны: индивидуально-групповая работа с каждой подгруппой, консультирование по отдельным вопросам; контроль, проверка и разбор исполнения отработанных документов и др.

Причем разбору надо уделять особое внимание, потому что он предоставляет преподавателю возможность показать динамику событий (сценарий развития обстановки) и наглядно продемонстрировать обучающимся их ошибки в исполненных документах и, напротив, целесообразные решения.

Критериями сформированности компетенций специалиста являются его профессиональная подготовленность, психологическая готовность и устойчивость, предрасположенность к действию. Исходя из этого, его подготовку по определенным направлениям в границах ПТФМ целесообразно организовывать с учетом распределения доли профессиональных действий в процессе подготовки, определения ее уровня и состава ОАПК.

Для достижения этой цели авторы разработали дидактическую модель ОАПК, структура которой представлена на рисунке. Ее суть заключается в определении профессиональных функций (a, b, c, d) и действий (a_i, b_i, c_i, d_i), а также результатов (документов) деятельности специалиста ($a_{ij}, b_{ij}, c_{ij}, d_{ij}$).

Последовательность формирования структуры ОАПК можно показать на примере подготовки специалиста по эксплуатации автомобильной техники.

Так, основными направлениями его профессиональной деятельности могут быть эксплуатация автомобильной техники (A), ее ремонт (B), управленческая деятельность (C) и экономическая деятельность при эксплуатации и ремонте автомобильной техники (D).

По каждому из этих направлений были определены профессиональные функции специалиста. Например, для направления "эксплуатация автомобильной техники" профессиональными функциями (a) являются: ввод автомобиля в эксплуатацию, планирование его эксплуатации, техническое обслуживание и текущий ремонт, обучение и повышение квалификации спе-

Направления профессиональной деятельности специалиста по эксплуатации автомобильной техники



циалистов по эксплуатации и ремонту и др.

После определения данных функций по каждой из них определяются профессиональные действия (a_i) специалиста. Так, функция "ввод в эксплуатацию автомобиля" включает его регистрацию в ГАИ, организацию и проведение занятий со специалистами по обслуживанию этого автомобиля и т.д.

Результатом каждого из перечисленных действий становится формализованный документ (a_{ij}). К примеру, для функции "ввод автомобиля в строй" – это проект программы, для проведения занятий по этой функции – программа подготовки, организация и проведение занятий или проект приказа о вводе автомобиля в строй.

Основным итогом работы каждого обучающегося являются отработанные им документы. И возможности современных ОАПК таковы, что позволят проверять как формализованные, так и текстовые документы. Более того, выявлена и возможность создания в рамках специализированного программного обеспечения вариативных структурированных опросников, что позволяет осуществить подготовку специалистов по другим направлениям подготовки инженеров.

Используя метод экспертных оценок, авторы составили (см. нижнюю часть рисунка) матрицу функций специалистов по направлениям деятельности. Установлено, что их процесс X подготовки подчиняется следующему

распределению:

$$X = \{0,4a; 0,2b; 0,2c; 0,2d\}.$$

Были установлены и уровни подготовки обучающихся. Их два: начальный (базовый) – для подготовки по программе получения высшего образования и второй (повышение квалификации) – для специалистов, имеющих высшее образование и опыт работы по специальности.

При создании ОАПК его разработчики исходили из следующих соображений.

ОАПК должен быть совместим с существующими в учебном заведении обучающимися комплексами и специальным программным обеспечением, но допускается и использование ОАПК, не совместимых с существующими обучающимися комплексами и специальным программным обеспечением. В этом случае одновременно с ОАПК разрабатываются совместимые с ним учебные программные комплексы и продукты (по типу применяемых специалистами в других сферах).

В зависимости от уровня подготовки обучающихся и состава ОАПК он – модульный, состоит из дидактических модулей (блоков подготовки). Таких блоков четыре: теоретический, практический, моделирования профессиональных действий и контроля профессиональных компетенций. Рассмотрим их.

По названным выше причинам теоретический блок тоже имеет два уровня – начальный (базовый), который предусматривает лекционные и практические занятия по направлениям профессиональной деятельности специалиста по

эксплуатации автомобильной техники, в том числе и обучения работе на ОАПК (его изучение заканчивается тестированием на ОАПК по пройденным темам), и уровень повышения квалификации, который включает практические занятия по новой нормативно-правовой базе, в том числе и обучение работе на ОАПК (его изучение заканчивается тестированием на ОАПК по ранее изученным темам).

Суть практического блока состоит в следующем. Группа обучающихся разбивается на три-четыре подгруппы по направлениям подготовки, причем у каждой из них должен быть свой педагог. В процессе подготовки с использованием ОАПК изучаются функции, действия и документальные результаты деятельности. Изучение заканчивается тестированием на ОАПК по каждому из направлений подготовки, т.е. отработкой документальных результатов с использованием базы ОАПК и других источников информации.

При моделировании профессиональных действий (блок 3) группа работает в полном составе (каждая подгруппа — под руководством своего педагога) по единым заданиям и замыслам. Отрабатываются способности к работе в команде и принятию управленческих решений в ходе ролевых игр; изучение заканчивается ролевой игрой по соответствующей теме. Результаты каждого обучающегося фиксируются в его учебной папке.

В ходе отработки заданий в этой папке накапливаются результаты его деятельности по направлениям подготовки (документы). Но в ходе выполнения итогового (блок 4) задания обучающийся к ним доступа не имеет. Как и к любым дополнительным источникам. То есть упор делается на его самостоятельность. При этом итоговое задание может состоять из двух этапов. Первый — отработка всех результатов по направлениям профессиональной деятельности; второй — отработка теста, содержащего по одному-двум результатам по каждому направлению профессиональной деятельности.

При положительном результате выполнения блока контроля профессиональных компетенций обучающийся получает зачет и допускается к экзамену, который проводится как традиционным способом, так и с использованием ОАПК.

Выполненное авторами исследование показало, что современные педагогические технологии в сочетании с ОАПК и специальным программным обеспечением удовлетворить требования системы безопасности дорожного движения к качеству подготовки специалистов по эксплуатации автомобильной техники можно гораздо эффективнее, чем при использовании традиционных методов подготовки. Но только при условии, если ОАПК и его программное обеспечение интегрировано в единую систему педагогического процесса подготовки специалиста. До-

казательство тому — результаты эксперимента, в котором были задействованы одна экспериментальная (25 чел.) и две контрольные (52 чел.) группы: в случае применения ОАПК успеваемость в экспериментальной группе повысилась, по сравнению с контрольными группами, на 36 %. При этом неуспевающих в ней не было, а в контрольных — 10 %. Эти цифры говорят о том, что педагогическая технология функционального моделирования, совмещенная с ОАПК, разработанным на основе предлагаемой дидактической модели, повышает качество подготовки специалистов по эксплуатации и ремонту автомобильной техники и заслуживает самого широкого использования в высших профильных учебных заведениях страны.

Литература

1. Шалкина Т.Н., Запороженко В.В., Рычкова А.А. Электронные учебно-методические комплексы: проектирование, дизайн, инструментальные средства. Оренбург: Оренбургский государственный университет. 2008. — 160 с.
2. Григорьев В.Н., Басарин В.Д., Костюк Е.С. Техническая эксплуатация автомобилей: электронное издание / авт. свид. № 2140. Хабаровск: ТОГУ. 2010. 700 Мб.
3. Селевко Г.К. Современные образовательные технологии: Учебное пособие. М.: Народное образование, 1998. — С. 14–15.
4. Коменский Я.А., Локк Д., Руссо Ж.-Ж., Песталоцци И.Г. Педагогическое пособие. М.: Педагогика, 1989. — 416 с.

УДК 656.13

МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕХНИКО-ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ РАБОТЫ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА НА МЕЖДУГОРОДНЫХ И МЕЖДУНАРОДНЫХ МАРШРУТАХ

Т.А. МЕНУХОВА

НМСУ "Горный" (Санкт-Петербург) (921. 583-20-18)

Рассматривается методика расчета технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава для предприятия (автотранспортного или экспедиционного), которому необходимо планировать работу АТС на междугородных и международных маршрутах.

Ключевые слова: методика, технико-эксплуатационный показатель, перевозки на дальние расстояния, международные перевозки, подвижной состав.

Menukhova T.A.

METHOD OF CALCULATION THE TECHNICAL AND OPERATIONAL INDICATORS OF THE ROLLING STOCK FOR LONG DISTANCE AND INTERNATIONAL ROUTES

A method of calculation the technical and operational indicators of the rolling stock for the road transport or forwarding enterprise that needs to plant the work car on long distance or international routes is considered.

Keywords: methodology, technical and operational indicator, long distance transportation, international transportation.

На сегодняшний день существует множество методик [1–3] для определения технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава грузового автомобиль-

ного транспорта. Однако большая их часть пригодна только для планирования и оценки работы подвижного состава, эксплуатируемого на городских и других сравнительно коротких маршрутах, на которых продолжительность оборота автомобилей менее суток, либо при участковом методе организации движения на междугородных и международных маршрутах.

Для междугородных и международных перевозок при сквозном методе организации движения эти методики не подходят. Поэтому автор попыталась разработать методику, позволяющую рассчитывать технико-эксплуатационные показатели работы подвижного состава в междугородном и международном сообщении именно при сквозном методе организации движения. И это ей удалось, что доказывает рассматриваемый ниже алгоритм (последовательность) такого расчета (см. рисунок).

Основная область применения данного алгоритма — область, где время $T_{\text{дост}}$ доставки груза, рассчитанное исходя из пробега L с грузом и скорости v_a движения автомобиля, с учетом времени $T_{\text{пр}}$ простоя под погрузкой–разгрузкой, времени T_t простоя на таможне и др. превышает время использования автомобиля в течение суток ($T_{\text{на}}$), т.е. методика предназначена именно для планирования междугородных или международных перевозок.

При этом возможны три ситуации: клиент подает заявку без строгого ограничения срока $T_{\text{дост}}$ доставки ($T_{\text{дост}}$ определяется по согласованию перевозчика с клиентом, исходя из провозных возможностей его подвижного состава); клиент строго ограничивает время доставки конкретной датой ($T_{\text{дост}} = T_3$); клиент строго ограничивает верхний

предел времени доставки: груз должен быть доставлен до конкретной даты ($T_{\text{дост}} < T_3$).

Поскольку время на оборот транспортного средства при междугородных перевозках может, по условию, быть больше суток, то автор предлагает уйти от использования традиционного показателя $T_{\text{н}}$ – времени в наряде, а для международных перевозок считать его временем $T_{\text{об}}$ оборота подвижного состава. Очевидно, что при таком подходе число оборотов за временной интервал, выбранный для планирования, будет равно единице. Кроме того, автор, как уже упоминалось, вводит показатель $T_{\text{иа}}$ – время использования АТС в течение суток, которое определяется организацией работы подвижного состава.

Из перечисленных выше вариантов взаимодействия перевозчика с заказчиком рассмотрим наиболее часто встречающийся – когда клиент строго определяет время T_3 выполнения заявки на доставку груза. Причем определяет он это время в днях ($T_{3\text{дн}}$). Для расчета технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава по предлагаемой методике время заявки рекомендуется принять в часах $T_{3\text{ч}}$, причем обязательно – с учетом времени $T_{\text{иа}}$ возможного использования автомобиля в течение суток.

Рассчитываются технико-эксплуатационные показатели работы подвижного состава по каждому маршруту следующим образом.

Определяется расчетное время $T_{\text{ц расч}}$ цикла (формула № 1 в таблице). При этом входящее в формулу время $T_{\text{в}}$

можно определить по формуле № 2. Причем очевидно, что в случае междугородных перевозок входящий в нее второй показатель $T_{\text{т}}$ равен нулю.

Производительность АТС ($W_{\text{ц расч}}$) за время цикла в тоннах рассчитывается по формуле № 3, в тонно-километрах ($W'_{\text{ц расч}}$) для простого маятникового маршрута – по формуле № 4, а в частном случае, для кольцевого маршрута, в тонно-километрах ($W''_{\text{ц расч}}$) – по формуле № 5.

Для определения общего пробега $L_{\text{ц расч}}$ за расчетное время цикла по маршруту предназначена формула № 6, для грузового пробега по маршруту за то же время – формула № 7.

По формуле № 8 находится отношение грузового пробега к общему, т.е. коэффициент β использования пробега за расчетный цикл на маршруте.

Фактическое время $T_{\text{иа ф}}$ использования АТС за расчетный цикл на маршруте соответствует времени $T_{\text{об}}$ оборота. В связи с этим эксплуатационную скорость v_3 автомобиля на каждом маршруте, очевидно, дает формула № 9.

Количество A_3 АТС в эксплуатации на маршруте рекомендуется определять по формуле № 10.

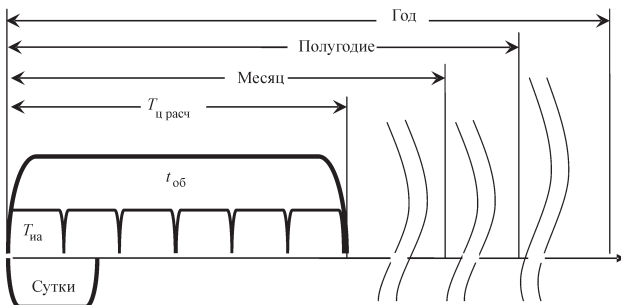
В настоящее время при оценке работы автомобилей широко применяются три показателя: автомобиле-часы в наряде; автомобиле-часы в эксплуатации за год и автомобиле-дни в эксплуатации за год. По своей сути, все они показывают суммарное время использования автомобилей за разные интервалы времени в разных временных единицах

№ формулы	Формула	Примечания
1	$T_{\text{ц расч}} = T_{\text{иа}} T_{3\text{дн}} + T_{\text{в}}$	$T_{\text{ц расч}}$ – время, отводимое клиентом для доставки груза в пункт разгрузки с учетом времени возврата АТС в начальный пункт маршрута; $T_{\text{иа}}$ – время использования автомобиля в течение суток; $T_{3\text{дн}}$ – время для выполнения заявки, устанавливаемое клиентом; $T_{\text{в}}$ – время, необходимое для возврата АТС
2	$T_{\text{в}} = L_{\text{х}} v_{\text{а}} + T_{\text{т}}$	$L_{\text{х}}$ – обратный холостой пробег; $v_{\text{а}}$ – среднетехническая скорость АТС; $T_{\text{т}}$ – потеря времени на таможне
3	$W_{\text{ц расч}} = q_{\text{н}} k_{\text{с}}$	$q_{\text{н}}$ – номинальная грузоподъемность АТС; $k_{\text{с}}$ – коэффициент ее использования
4	$W'_{\text{ц расч}} = q_{\text{н}} k_{\text{с}} L_{\text{ег}}$	$L_{\text{ег}}$ – протяженность грузовой ездки
5	$W''_{\text{ц расч}} = q_{\text{н}} (k_{\text{с1}} L_{\text{ег1}} + k_{\text{с2}} L_{\text{ег2}} + \dots + k_{\text{сn}} L_{\text{егn}})$	n – число участков маршрута; $k_{\text{сi}}$ – коэффициент использования грузоподъемности АТС на i -м участке маршрута; $L_{\text{егi}}$ – протяженность i -го участка маршрута
6	$L_{\text{ц расч}} = L_{\text{м}} + L_{01} + L_{02}$	$L_{\text{м}}$ – протяженность маршрута; L_{01} – протяженность первого нулевого пробега; L_{02} – протяженность второго нулевого пробега
7	$L_{\text{гр расч}} = L_{\text{гр1}} + L_{\text{гр2}} + \dots + L_{\text{грn}}$	$L_{\text{грi}}$ – протяженность грузовой ездки на i -м участке маршрута
8	$\beta = \frac{L_{\text{гр расч}}}{L_{\text{ц расч}}}$	–
9	$v_3 = \frac{L_{\text{гр расч}}}{T_{\text{иа ф}}}$	$T_{\text{иа ф}}$ – фактическое время использования АТС за расчетный цикл на маршруте
10	$A_3 = \frac{Q_{\text{ц расч}}}{W_{\text{ц расч}}}$	$Q_{\text{ц расч}}$ – объем вывозимого за расчетный цикл груза (объем груза, указанный в заявке)
11	$АЧ_{\text{иа}} = A_3 T_{\text{иа ф}}$	$АЧ_{\text{иа}}$ – автомобиле-часы использования автомобиля за расчетный цикл
12	$АД_{\text{иа}} = A_3 T_{3\text{дн}} N_3$	$АД_{\text{иа}}$ – автомобиле-дни использования автомобиля за год; $T_{3\text{дн}}$ – время для выполнения заявки, устанавливаемое клиентом; N_3 – число заявок за год

№ формулы	Формула	Примечания
13	$L_r = L_{ц\text{ расч}} A_3 N_3$	—
14	$L_{гр,r} = L_{гр,ц\text{ расч}} A_3 N_3$	—
15	$Q_r = W'_{р\text{ расч}} A_3 N_3$	—
16	$P_r = W''_{р\text{ расч}} A_3 N_3$	—
17	$A_3^\Sigma = A_{3_1} + A_{3_2} + \dots + A_{3_m}$	A_{3_i} — число АТС в эксплуатации на i -м маршруте; m — число маршрутов
18	$A_{сп} = \frac{A_3^\Sigma}{\varphi_{тг}}$	$\varphi_{тг}$ — коэффициент технической готовности
19	$AD_{3,ан}^\Sigma = A_{3_1} + A_{3_2} + \dots + A_{3_m}$	$AD_{3,ан}^\Sigma$ — время использования всех АТС на i -м маршруте, дн/год
20	$T_{на\phi}^\Sigma = T_{на\phi_1} + T_{на\phi_2} + \dots + T_{на\phi_m}$	$T_{на\phi_i}$ — фактическое время использования АТС на i -м маршруте, ч/год
21	$L_r^\Sigma = L_{r_1} + L_{r_2} + \dots + L_{r_m}$	L_{r_i} — пробег АТС на i -м маршруте, км/год
22	$L_{гр}^\Sigma = L_{гр_1} + L_{гр_2} + \dots + L_{гр_m}$	$L_{гр_i}$ — груженный пробег АТС на i -м маршруте, км/год
23	$Q_r^\Sigma = Q_{r_1} + Q_{r_2} + \dots + Q_{r_m}$	Q_{r_i} — объем перевозок всеми АТС на i -м маршруте, г/год
24	$P_r^\Sigma = P_{r_1} + P_{r_2} + \dots + P_{r_m}$	P_{r_i} — грузооборот на i -м маршруте, т-км/год
25	$AЧ_{г,ч}^\Sigma = A_{на_i} T_{на\phi_i} N_{3_1} + A_{на_2} T_{на\phi_2} N_{3_2} + \dots + A_{на_m} T_{на\phi_m} N_{3_m}$	$A_{на_i}$ — время использования автомобилей за год на i -м маршруте, а-ч/год; $T_{на\phi_i}$ — фактическое время использования автомобилей за год на i -м маршруте, а-ч/год; N_{3_i} — число заявок за год с одинаковыми характеристиками

(в часах или в днях). Но автор считает, что в случае междугородных и международных перевозок лучше использовать другие показатели: время использования на маршруте автомобилей за расчетный цикл (месяц), а-ч/ц расч. и за год, а-ч/год, а также время использования на всех маршрутах автомобилей за год, а-дн./год. Тогда число автомобиле-часов за расчетный цикл дает формула № 11, а число автомобиле-дней использования автомобилей за год — формула № 12.

Общий пробег L_r автомобилей на маршруте за год можно подсчитать по формуле № 13, груженный пробег $L_{гр}$ автомобилей за год — по формуле № 14, объем Q_r перевозок — по формуле № 15, грузооборот P_r — по формуле № 16, а число A_3^Σ АТС, необходимое для обеспечения этого грузооборота, — по формуле № 17. При этом полученное таким образом значение A_3^Σ обычно делят на коэффициент



Расчетное время цикла, принятое как время выполнения заявки с учетом возвращения автомобиля в первоначальный пункт маршрута

$\varphi_{вып}$ выпуска, характерного для конкретного АТП, и получают необходимый списочный состав АТС предприятия. Но автор считает, что вместо $\varphi_{вып}$ целесообразнее пользоваться коэффициентом $\varphi_{тг}$ технической готовности. Тогда формула для расчета списочного состава $A_{сп}$ автопарка будет иметь вид формулы № 18.

Время $AD_{3,ан}^\Sigma$ использования автомобилей за год (число автомобиле-дней в эксплуатации) на всех маршрутах определяется по формуле № 19, фактическое время $T_{на}^\Sigma$ использования автомобиля — по формуле № 20, общий пробег L_r^Σ АТС — по формуле № 21, общий груженный пробег $L_{гр}^\Sigma$ — по формуле № 22, общий объем Q_r^Σ перевозок — по формуле № 23, общий грузооборот P_r^Σ — по формуле № 24, а общее время $AЧ_{г,ч}^\Sigma$ использования всех АТС за год на всех маршрутах в часах — по формуле № 25.

Рассчитывать технико-экономические показатели работы подвижного состава удобнее всего с помощью MS Excel, причем расчет может быть достаточно легко автоматизирован специалистами предприятия, занимающимися организацией работы автотранспорта в междугородном и международном сообщениях.

Литература

1. Горев А.Э. Грузовые автомобили перевозки: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М.: Издательский центр "Академия", 2004. — 288 с.
2. Ходош М.С. Грузовые автомобильные перевозки. М.: Транспорт, 1980. — 270 с.
3. Грузовые автомобильные перевозки: учебник для вузов / А.В. Вельможин, В.А. Гудков, Л.Б. Миротин, А.В. Куликов. М.: Горячая линия — Телеком, 2007. — 560 с.

СИСТЕМЫ ПРЕДУПРЕЖДЕНИЯ СТОЛКНОВЕНИЙ АТС

Канд. техн. наук **В.В. ЕЛИСТРАТОВ, С.И. БЕЗРУКОВ,
П.Г. СТЕНИН**

Общевойсковая академия ВС РФ,
Рязанское ВВДКУ имени В.Ф. Маргелова (8.910. 611-25-25)

Рассматриваются некоторые аспекты концепции создания систем предупреждения столкновения АТС и практики разработки таких систем.

Ключевые слова: безопасность движения, дистанция безопасности, система технического зрения.

Elistratov V.V., Bezrukov S.I., Stenin P.G.

COLLISION AVOIDANCE SYSTEMS CARS

Some aspects of conception of creation systems of collision avoidance system and practice its development are considered.

Keywords: traffic safety, safety distance, vision system.

Основными причинами ДТП считаются (и это правильно) слабая профессиональная подготовка, низкий уровень психофизиологических данных (переключение внимания, эмоциональная устойчивость) водителей, их неумение правильно оценивать обстановку в сложных дорожных условиях и выбрать безопасные режимы движения [1, 2].

Эти же причины существенно снижают пропускную способность дорог. Из-за чего специалисты все более пристальное внимание обращают на проблему создания технических систем предупреждения столкновений автомобилей (СПСА). Например, этим давно и небезуспешно занимаются в МАДИ (ГТУ), а также в ВУНЦ Сухопутных Войск "Общевойсковая академия Вооруженных Сил РФ" и ее филиале – Рязанском ВВДКУ. В частности, их исследования показали, что в основе критерия функционирования СПСА должна лежать дистанция D_b безопасности до препятствия, под которой понимается та минимальная дистанция до препятствия движению (скажем, до лидирующего автомобиля), при достижении которой в случае наличия относительной скорости должно быть начато торможение с замедлением, реализация которого возможна на данной скорости движения при реально существующем сцеплении шин с дорожным покрытием и должна обеспечить остановку управляемого автотранспортного средства (АТС) без опасности его столкновения с препятствием.

Дело в том, что дистанция, поддерживаемая водителями между АТС в плотном транспортном потоке, как правило, значительно меньше той, которая необходима по условиям безопасности во многих конкретных дорожных ситуациях: водители количественно оценивают расстояние до препятствия большим, чем оно есть на самом деле, причем ошибка возрастает с увеличением расстояния. СПСА же делает это всегда точно. Кроме того, она способна гораздо быстрее, чем водитель, обнаруживать препятствия на пути движения. И хотя время срабатывания автоматизированного привода, скажем, тормозных механизмов несколько больше, чем при управлении водителем, тем не менее суммарное время $t_{СПСА}$ реакции у автоматической системы значительно всегда

меньше времени t_b реакции водителя: $t_{СПСА} \leq 3$ с, $t_b = 0,4...2,5$ с [1].

Из сказанного следует: необходимость внедрения СПСА определяется, по меньшей мере, двумя факторами. Во-первых, тем, что она точнее, чем водитель, определяет безопасную дистанцию; во-вторых, тем, что у нее значительно меньше, чем у водителя, время срабатывания [2].

Разрабатываемые в настоящее время СПСА можно разделить на две группы – индикаторные и автоматические.

Первые из них представляют собой устройства технического зрения (локаторы). Их задачи: обнаружить препятствия на пути движения, рассчитать расстояние до него, а также скорость сближения с ним и предупредить водителя световым и/или звуковым сигналом о наличии опасности. Вторые не только оповещают водителя об опасности, но и с помощью своих исполнительных механизмов воздействуют на систему топливоподачи двигателя, приводы сцепления и тормозов. То есть автоматическая система сама, без участия водителя, способна изменять режимы движения АТС в соответствии со сложившейся дорожной обстановкой. Кроме того, она имеет возможность поддерживать дистанции между АТС в транспортном потоке, разворачивать в случае необходимости пассивные системы защиты водителя и пассажиров, и управлять АТС. Но такие системы, к сожалению, имеют и недостатки. Главный из них – ложное срабатывание. Ведь они (впрочем, как и индикаторные системы) дают информацию о наличии того или иного предмета перед АТС, но не о его виде и степени его опасности. Например, если полосу движения в опасной зоне АТС пересекает другое АТС, то локатор первого из них мгновенно даст сигнал "опасность" в бортовой компьютер, и СПСА остановит первое АТС. За это время АТС-помеха успеет пересечь дорогу. В итоге АТС, перед которым была эта помеха, остановится перед пустым местом.

И примеров таких неоправданных срабатываний можно привести сколь угодно много: экстренное торможение, вызванное отражением луча локатора от деревьев или знаков на обочине дороги, пролетевшей перед АТС птицы и т.п. Такие срабатывания, естественно, создают дискомфорт для водителя и пассажиров, повышают возбудимость и раздражительность водителя, и в конечном итоге – дезорганизуют движение.

Эта проблема – довольно серьезная. Но – решаемая. И прежде всего путем введения в состав СПСА элементов искусственного интеллекта. Они способны прогнозировать динамику изменения текущих координат АТС и возможных препятствий в транспортном потоке, "оценивать" степень возникшей опасности и принимать адекватные меры по устранению этой опасности. Другими словами, введение в состав СПСА элементов, обученных умению предвидеть ситуацию, которая наступит в следующий момент времени.

Таковы общие соображения, которыми руководствуется абсолютное большинство специалистов, занимающихся проблемами СПСА, в том числе один

из основателей данного научного направления – А.А. Юрчевский из МАДИ. На их основе получены и конкретные решения. Например, в настоящее время довольно широкое распространение уже получили информационные системы предотвращения столкновений, где в качестве устройств технического зрения используются локаторы самых разных типов: СВЧ-локаторы (радары), ультразвуковые (сонары) и лазерные (лидары), а также телевизионные инфракрасные дальномеры (ТВИК-системы).

Так, японские инженеры разработали устройство поддержания дистанции между идущими друг за другом АТС, где в качестве прибора технического зрения применен радар. Это устройство точно измеряет дистанции между ними и управляет режимами работы двигателя того из них, на котором оно установлено, выдерживая тем самым заданную дистанцию. Причем из процесса обработки информации исключены АТС, двигающиеся по встречной полосе или припаркованные на обочине дороги.

Австралийские специалисты запатентовали устройство автоматического предотвращения столкновений АТС. Оно имеет две антенны, расположенные на шасси над передним бампером на определенном расстоянии друг от друга и под углом к дорожной поверхности, который автоматически изменяется в зависимости от скорости АТС, СВЧ-генератор, играющий роль передатчика, и приемник электромагнитных волн, отражающихся от АТС-препятствия. Одна из этих антенн излучает узкий пучок волн, создаваемых СВЧ-генератором, а вторая принимает луч, отраженный от препятствия. Эти сигналы поступают в приемник, который и вырабатывает управляющий сигнал, вызывающий замедление АТС и тем самым – предотвращающий столкновение (наезд сзади) АТС.

Фирма "Форд" (США) предложила радар, способный обнаружить, в том числе в тумане и в темноте время суток, предметы, не различимые для водителя. В нем используется небольшая антенна, расположенная в передней части АТС, а индикатор выполнен в виде дисплея, размещенного в верхней части ветрового стекла. Радар может различить на расстоянии 45 м даже не один, а два встречных АТС, идущих на расстоянии 1 м друг от друга. Причем изображение того из них, который идет первым, на картинке может быть увеличено. Кроме того, СПСА, построенная на основе этого радара, может включать на своем АТС мигающий световой сигнал, информируя тем самым водителей попутно движущихся АТС о своем присутствии на данной полосе движения или смене этой полосы (например, при обгоне, объезде островков безопасности и т.п.).

Английская фирма "ERA Технолог" предлагает технические данные радаров для систем предотвращения столкновений даже нескольких типов. Все они работают с частотой излучения 35 ГГц, продолжительностью импульса 25...30 нс, имеют угол сканирования, действуют в пределах 200 м и скорости движения АТС до 200 км/ч.

Американские инженеры разработали ультразвуковое устройство технического зрения. Оно способно обнаруживать такие препятствия на поверхности

дороги, как неровности и выбоины. Излучение его передатчика направляется на поверхность дороги, а отраженный сигнал поступает в приемник, усиливается, сравнивается в компараторе с эталонным сигналом и выводится, при необходимости, видеосигнал на экран. Благодаря этому водитель получает возможность предотвращать повреждения подвески и других элементов конструкции АТС при езде по разбитым дорогам.

Там же, в США, предложен ультразвуковой измеритель скорости – устройство, работающее на эффекте Доплера. В его состав входит осциллятор, генерирующий выходной сигнал, который после усиления подается на сканирующее устройство, излучающее ультразвуковые волны в сторону дороги, а также расположенное рядом с ним принимающее устройство, выполненное в виде пьезоэлектрического микрофона. Отраженный от препятствия сигнал усиливается и подается на множитель для определения разницы частоты между сигналами осциллятора и отраженным сигналом. И если эта разница оказывается больше допустимой, измеритель выдает водителю соответствующий предупреждающий сигнал.

Большие успехи в разработке ультразвуковых локаторов достигнуты в Японии. Например, патентуемое там устройство для поддержания безопасной дистанции между АТС состоит из генератора ультразвуковых импульсов, ультразвукового локатора, приемника отраженного сигнала, датчика скорости, входного усилителя, компаратора. В процессе движения АТС локатор непрерывно излучает сигнал, который при наличии препятствия отражается от него и улавливается приемником. Затем отраженная волна сравнивается с эталонной для данной скорости движения, в результате чего получается информация о скорости сближения и дистанции до препятствия (например, идущего впереди АТС). При несоблюдении безопасной дистанции включаются звуковой и световой сигналы, предупреждающие водителя об опасности.

Японские же специалисты нашли способ повышения надежности работы СПСА с ультразвуковыми локаторами и уменьшения числа ложных ее срабатываний. Его суть – увеличение числа передающих антенн. Благодаря этому разработанные ими СПСА могут обнаруживать препятствия, находящиеся как спереди, так и позади АТС. И даже сбоку. Причем передние, задние и боковые антенны излучают колебания разных частот, что упрощает их распознавание приемным устройством.

В последнее время во всем мире все большее внимание уделяется и лазерным локаторам, которые меньше, чем радары, восприимчивы к помехам. Причем на их основе выполняются не только индикаторные, но и автоматические СПСА. Например, фирмой "Фольксваген" ведутся работы над системой "Конвой–Пилот", представляющей собой направляющую систему движения АТС и полностью автоматизирующей процесс управления автомобилями при их движении в колонне на обособленной проезжей части. Датчики этой системы – лазерные. Они очень точно измеряют расстояние до впереди движущейся АТС.

щегося АТС. Затем получаемая ими информация обрабатывается с помощью ЭВМ, которая через управляющие устройства регулирует скорость движения, допуская отклонения от заданного значения безопасной дистанции не более чем на 0,5 м. Кроме того, система автоматически регулирует положение АТС в поперечном профиле дороги, что дает возможность осуществлять его движение по узкой проезжей части. Внедрение этой системы повышает безопасность движения на дорогах, особенно при осуществлении перевозок грузов. Что же касается ее стоимости в расчете на одно АТС, то она вполне приемлема: не превышает ~2000 марок.

Учеными швейцарской фирмы "Вильд Лайтс" запатентован лазерный информационный дальномер, измеряющий дистанцию между АТС в диапазоне 5...150 м. При этом точность ее измерения очень высока: на малых расстояниях она составляет 0,1 м, а на предельно большом – 0,8 м, время измерения тоже зависит от расстояния и меняется от 0,01 на малых дистанциях до 0,1 с на больших.

Японская фирма "Ниссан" тоже создала СПСА для грузовых автомобилей, в основе которой лежит лазерный локатор. Он работает в ИК-диапазоне (длина волны 890 нм), имеет угол сканирования как по горизонтали, так и по вертикали. Дальность его действия – 90 м. Эта СПСА – чисто индикаторная: в случае обнаружения опасности она выдает водителю предупреждающий звуковой сигнал.

Но особенно широкое распространение лазерные, инфракрасные и ультразвуковые дальномеры получили в системах автоматизированной парковки АТС. Они привлекают потребителей тем, что сами оценивают возможность парковки в соответствии с габаритными размерами АТС и сами же исключают столкновения с препятствиями. Однако их возможности в транспортном потоке минимальны, поскольку дальность их действия невелика и, кроме того, зависит от прозрачности атмосферы.

Очень перспективными считаются оптические устройства технического зрения: они безвредны для окружающих. Поэтому ими и начали заниматься многие специалисты и фирмы. Например, американцы запатентовали быстродействующую оптическую систему измерения расстояния до объекта, источником света для которой служит светодиод или полупроводниковый лазер. И тот и другой излучает параллельный пучок света, который проходит через выпуклую линзу, фокусируется перед плоским зеркалом, отражается от него и расходится. Затем пучок попадает на вращающееся шестигранное зеркало, отражается от него и проходит через вторую выпуклую линзу. На ее выходе лучи опять становятся параллельными. И освещают, естественно, объект, частично отражаясь от него. Эти отраженные лучи проходят через вторую выпуклую линзу и попадают на вращающееся зеркало, а с него идут на плоский фотоэлемент. Если объект расположен близко к АТС, то сфокусированное на фотоэлементе пятно света находится на максимальном расстоянии от вращающегося зеркала, а если далеко, то пятно максимально приближено к вращающемуся зеркалу. Значит, положе-

ние пятна определяет расстояние до объекта. И поскольку зеркало вращается, то сканируется не один, а все объекты, находящиеся в определенном секторе дороги.

Еще в одной оптической СПСА, разработанной американцами, установлены две двояковыпуклые линзы, разнесенные в горизонтальном направлении. С каждой из них изображение передается на свой датчик, который преобразует оптическое изображение в электрический сигнал. Эти сигналы поступают в ячейки памяти ЭВМ, которая, сравнивая предыдущие и последующие сигналы, выдает информацию об изменении дистанции между АТС.

Телевизионные системы технического зрения, использующие в своей работе инфракрасное излучение, тоже уже есть. Так, департамент полиции г. Даллас (США) провел испытания ИК-системы ночного видения, разработанной фирмой "Дженерал Моторс". Эта система с помощью ИК-излучения сканирует дорогу и ее обочины впереди АТС. Датчик системы определяет температурную разницу между различными объектами и выводит их изображение на дисплей, установленный на панели приборов, либо проецирует его на лобовое стекло. Причем она может работать не только ночью, но и при плохой видимости днем, а также в случае слепящего действия фар. И "видит" она даже те опасные объекты на дороге, которые находятся вне зоны действия автомобильных фар [1].

Но особенно большую помощь водителю АТС инфракрасные СПСА оказывают при движении в тумане. Для этой цели американские инженеры разработали прибор "Визит", который состоит из источника инфракрасного излучения и приемника, работающих с частотой импульсов 2500 Гц. Он позволяет в зависимости от густоты тумана определять расстояние видимости, и на этом основании выдавать водителю информацию о скорости, допустимой в данных условиях движения. Кроме того, он может самостоятельно включать противотуманные фары.

Как видим, СПСА на основе ИК-излучения – устройства полезные. Однако дальность их действия невелика. Поэтому специалисты ищут новые решения. И одно из них – системы радиовидения или автомобильные радиолокационные системы переднего обзора местности (АРЛС). Они, как показали проведенные В.В. Расторгуевым на кафедре радиоприемных устройств МАИ теоретические и первые экспериментальные исследования, способны давать радиолокационные изображения не только АТС, но и различных типов дорожных покрытий, дорожных знаков, ограждений, мостов и т.д. Следовательно, могут быть использованы для повышения безопасности дорожного движения. Однако примеров реализации данной идеи пока, к сожалению, нет.

Меры по увеличению безопасности АТС сводятся не только к разработке отдельных агрегатов и устройств для СПСА. Важнейшая их составляющая – внедрение глобальных интеллектуальных национальных программ типа "автомобиль–дорога". И это подтверждается многими фактами.

Так, в штате Мичиган (США) еще в 1987 г. началась разработка такой программы. Она включала четыре основных подпрограммы: прикладные и фундаментальные исследования, планирование и разработка, а также образовательную подпрограмму. При этом большое внимание уделялось моделированию условий дорожного движения, системной архитектуре, человеческому фактору и предупреждению ДТП. В итоге было представлено 10 типов интеллектуальных непрерывно действующих систем "автомобиль—дорога". В том числе такие, как консультативные местные системы информирования водителей о дорожной обстановке в регионе; автоматическая плата и назначение дорожных цен; системы предотвращения столкновений; консультативные географические системы, обеспечивающие связь между диспетчером и водителем в пределах региональной или национальной сети дорог; автономная автомобильная навигация для определения местоположения легкового автомобиля путем сравнения образцов его фактического пути с образцами дороги цифровой карты, накопленной в памяти ЭВМ; системы определения маршрута движения с помощью спутников, направления по маршруту с помощью наземных маячков, объединенного движения по маршруту, соединяющая две предыдущие системы и систему управления посредством центров регулирования движения, информирования о дорожном движении в реальном времени в зависимости от специфики маршрута, автоматического поддержания дороги, использующая лидирующий автомобиль с СВЧ-излучателем и автомобиль с приемником, следующий за лидером. Внедрение этих систем займет, по мнению

специалистов, 30–40 лет, причем большинство из них появится к 2050 г. И есть все основания полагать, что они в конечном счете смогут существенно повысить с каждым годом уменьшающуюся в связи с ростом уровня автомобилизации населения пропускную способность дорог. Однако и в наше время, когда в оборот уже вводятся средства спутниковой навигации (например, система ГЛОНАСС), встает вопрос о создании глобальных интеллектуальных транспортных систем высокого уровня. Причем совершенно очевидно, что в этих системах найдется место и для СПСА.

Таким образом, можно сделать вывод: СПСА целесообразно применять как на одиночных АТС (прежде всего — выполняющих транспортную задачу особой важности), так и при совершении марша в составе колонны в условиях ограниченной видимости. Это позволяет увеличить дальность обнаружения препятствий движению в условиях ограниченной видимости, частично или полностью исключить ошибки водителя в выборе безопасных режимов движения, снизить его утомляемость, что в итоге обеспечит более быстрое срабатывание тормозной системы АТС в экстренных ситуациях.

Литература

1. Елистратов В.В. Методы и средства предупреждения столкновений автомобилей: Рязань: Рязанский военный автомобильный ин-т им. В.П. Дубынина, 2008.
2. Безруков С.И., Елистратов В.В. Актуальность внедрения бортовых систем обеспечения безопасности дорожного движения транспортных средств // Аспирант и соискатель. 2010. № 5. С. 83–84.



ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ

МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ТУГОПЛАВКИХ МЕТАЛЛОВ И СПЛАВОВ НА ИХ ОСНОВЕ

учебное пособие

О.Е. Осинцев

2014 г. Объем 156 с. Формат 60x88 1/16 ISBN 978-5-94275-720-5 Цена 400 р.



Изложены основные положения металлургии и термической обработки тугоплавких металлов и сплавов на их основе. Систематизированы и обобщены физико-химические основы взаимодействия тугоплавких металлов с элементами различных групп Периодической системы, особое внимание уделено взаимодействию их с элементами IIIA—VIIIA групп и с элементами внедрения. Рассмотрены современные представления о природе высокой прочности межатомной связи тугоплавких металлов с позиции электронного строения. Приведены данные о их кристаллической структуре, физических, химических и механических свойствах. Рассмотрены природа хладноломкости и методы повышения пластичности сплавов на основе вольфрама, молибдена и ниобия. Рассмотрена химическая стойкость тугоплавких металлов в растворах реагентов, взаимодействие их с газами воздуха в широком интервале температур и способы защиты этих материалов от окисления. Изложены физико-химические принципы разработки жаропрочных сплавов на основе тугоплавких металлов и подчеркивается особая роль двойных и многокомпонентных диаграмм состояния при создании сплавов с твердорастворным, дисперсионным и дисперсным упрочнением. Рассмотрены структура, физические, химические, механические, технологические свойства и области применения современных сплавов на основе ниобия, тантала, молибдена и вольфрама.

Для студентов магистерской системы обучения, специализирующихся в области металлургии и технологии новых материалов, а также других технологических специальностей. Может быть полезна технологам, металлургам, инженерам, имеющим дело с обработкой и применением тугоплавких металлов и сплавов на их основе.

Приобрести книгу в издательстве можно, прислав заявку:

по почте: 107076, г. Москва, Стромьинский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительная информация по телефону: (499) 269-52-98, 269-66-00 и на сайте WWW.MASHIN.RU



УДК 629.113.001.66:629.113-036.5

ТЕХНОЛОГИЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ПОЛИМЕРНЫХ ПУСТОТЕЛЫХ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ

С.А. ЛЕОНОВ

ВАЗ (8482. 73-92-88)

На примере деталей систем питания и улавливания паров бензина рассмотрена эффективность применения пластмасс в конструкции автомобиля и направление исследований в области технологии и материалов.

Ключевые слова: экструзия с раздувом, однослойные емкости, бензопроницаемость, автомобили, полимерные материалы.

Leonov S.A.

TECHNOLOGY OF PRODUCTION OF VEHICLE PLASTIC HOLLOW PARTS

On example of engine system parts and evaporation system reviews plastics application efficiency for vehicle design and line of research in technologies and materials.

Keywords: extrusion blow molding, monolayer containers, fuel permeation, vehicles, plastics.

Появление новых полимеров с разнообразными свойствами существенно расширило области их применения. Способствуют этому и достигнутые за последние десятилетия успехи в полимерном материаловедении, технологии переработки пластмасс, конструировании и расчете пластмассовых деталей. И автомобилестроение с этой точки зрения — наилучшее тому подтверждение: по оценке специалистов, нынешний автомобиль содержит 100...120 кг пластмасс, что составляет 8...10 % его "сухой" массы [1]. Почему — понятно: трудоемкость изготовления большинства изделий из пластмасс в среднем в 2,5...4 раза меньше трудоемкости изготовления аналогичных изделий из металлов, а электроэнергии при этом потребляется в 3...5 раз меньше [2]. Кроме того, снижение массы на 100 кг уменьшает расход топлива легковым автомобилем на 0,3...0,5 л/100 км и выброс углекислого газа, в зависимости от ездового цикла и габаритных размеров АТС, на 7,5...12,5 г/км [3].

Пластмассы пока что применяются в основном для изготовления интерьера и экстерьера автомобиля, однако постепенно "завоевывают" двигатель, топливную систему и т.д. По данным немецкой фирмы "Каутекс", уже сейчас 95 % европейских легковых автомобилей оснащаются именно пластмассовыми бензобаками, а в США и странах Азии эти цифры равны соответственно 85 и 40 %. И это не дань моде. Пластмассовый бензобак имеет меньшую, чем металлический, массу; он дешевле в производстве; стойкий к коррозии; легко поддается рециклингу; в него можно заливать биотопливо; его стенки обладают низкой топливонепроницаемостью. Пластмассы дают конструктору свободу в принятии решений: пластмассовому бензобаку можно придать практически любую форму; они более безопасны в случае ДТП и менее шумны. Так, специалисты фирмы "Ауди" сообщают, что пластмассовый бак автомобиля "Ауди А6" оказался легче своего металлического предшественника на 20 %, позволил более рационально организовать внутреннее пространство этого автомобиля и избавиться от необходимости принимать меры по защите

бака от коррозии. И наш ВАЗ, применив на автомобиле ВАЗ-1118 "Калина" многослойный пластмассовый бензобак вместо металлического, снизил его массу с 7,5 до 5,8 кг (на 23 %), а раньше на автомобиле ВАЗ-2108 замена металлической наливной трубы на пластмассовую дала выигрыш в ее массе 0,4 кг, т.е. 37 %.

Рассматривая эффективность применения пластмасс в автомобиле, следует отметить, что международным законодательством регулируются в сторону ужесточения норм на выброс углекислого газа и "летучих" углеводородов. Причем эти нормы относятся ко всем видам эмиссии углеводородов: пары топлива при остановке автомобиля (двигатель в разогретом состоянии), во время его стоянки (холодный двигатель) и заправки; излучение пластмассовыми, резинотехническими изделиями, лакокрасочными материалами, клеями и др. [4]. Например, для обеспечения соответствия экологическим нормам "Евро-4", действующим в России, эмиссия углеводородов не должна превышать 2 г/исп. на автомобиль.

Чтобы удовлетворить эти требования в отношении применения полимерных материалов, есть только один способ: правильный выбор как самого материала, так и технологии его переработки в изделия. И автомобиль ВАЗ-1118 "Калина" — живой тому пример: оснащенный пластмассовым бензобаком, он успешно прошел испытания.

Начнем с основных принципов формования изделий из пластмасс.

Как отмечено в работах В.Н. Кулезнева, в подавляющем большинстве случаев это подача расплава в форму, где расплав затвердевает в результате либо охлаждения (термопласты), либо химического сшивания (реактопласты). Но могут быть и другие варианты: нанесение полимера на подложки с последующим охлаждением, химическим структурированием или высушиванием (при нанесении из раствора); формование заготовок (термоформование, раздув и т.п.) и др.

Несмотря на кажущуюся простоту перечисленных методов, конкретное аппаратное их оформление может быть довольно сложным, что обусловлено высоким уровнем автоматизации и механизации процессов, необходимостью обеспечения высоких производительности и размерной точности изделий, конструкция которых может быть сложной сама по себе, а также наличием многих разновидностей одного и того же процесса. И это особенно хорошо видно на примере полых изделий: того же бензобака, его наливной трубы, сепаратора паров бензина.

При изготовлении этих изделий наибольшее распространение получил метод раздувного формования — третий по объему производства метод переработки полимерных материалов (на первом месте стоит метод экструзии, на долю которого приходится 36 %; на втором — литье под давлением, доля которого составляет 32 %, и на третьем — раздувное формование с его 10 %). Оно обладает рядом технических и экономических преимуществ перед другими методами производства пластиковых изделий, например, по сравнению с тем же литьем под давлением. На его основе возможно изготавливать изделия с обратной кривизной (поднутрениями), применять более низкие давления, варьировать толщину стенок изделия, уменьшить затраты на изготовление таких изделий. Однако учесть все факторы,

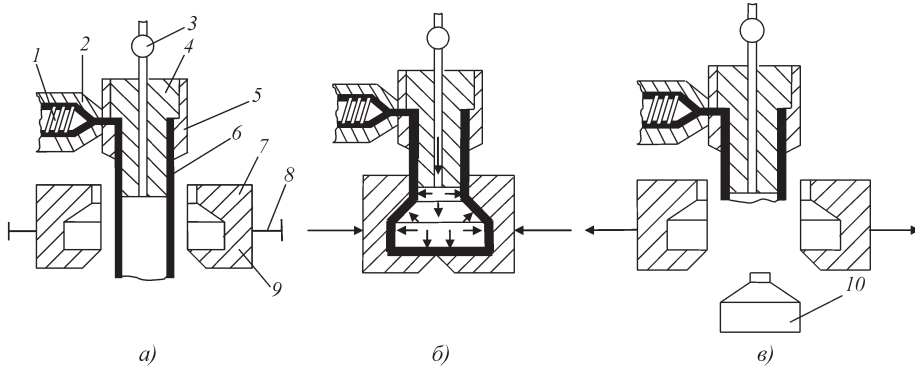


Рис. 1. Технологическая схема процессов экструзии трубчатой заготовки (а), ее раздув и формование изделия (б) и съем (в) изделия (каналы в форме для выхода вытесняемого раздуваемой заготовки воздуха не показаны):

1 – шнек; 2 – экструдер; 3 – кран для подачи сжатого воздуха для формования; 4 – дорн; 5 – мундштук формирующей головки; 6 – трубчатая заготовка расплава полимера; 7 – полуформа; 8 – привод смыкания и размыкания полуформ; 9 – пресс-канти; 10 – изделие

влияющие на общую стоимость получаемых изделий, для технологии раздувного формования достаточно сложно. Тем не менее, если взять основную долю затрат при переработке пластмасс данным методом, капиталовложения в оборудование, то легко установить, что при одинаковой массе получаемых изделий стоимость оборудования для раздувного формования в среднем почти вдвое ниже стоимости оборудования для технологии литья под давлением. Так, стоимость формы для раздувного формования (раздувные формы) составляет лишь 10 % стоимости литьевых форм. Правда, при переработке раздувным формованием той же точности изделий, как при литье под давлением, достигнуть нельзя. Однако если нужно изготовить изделие с поднутрениями или изделие неправильной формы, то литьем под давлением придется сформовать отдельные его части, а затем собирать в изделие с помощью сварки, склеиванием и т.п. Что и долго, и дорого. Поэтому изделия законченной сложной неправильной формы, даже если допуски не могут быть точно выдержаны (для многих приложений этого не требуется), раздувное формование просто незаменимо. В том числе и с точки зрения надежности изделий: выполненное как одно целое всегда лучше склеенного [5].

Как известно из литературы по конструированию оборудования для переработки пластмасс, в частности из работ Н.И. Басова и др., существует как минимум семь технологических разновидностей метода раздувного формования, отличающихся способом приготовления заготовки и способом ее раздува (табл. 1).

Как видим, основными разновидностями метода раздувного формования являются экструзионно-раздувное формование и формование литьем с раздувом (инжекционно-раздувное формование). Но иногда к ним относят также и инжекционно-раздувное формование с растяжением (ориентацией). Однако наибольшее распространение в настоящее время получила первая из перечисленных разновидностей, технологическая схема которой, предназначенная, например, для изготовления наливной трубы бензобака, приведена на рис. 1.

Из этого рисунка видно: полимерная заготовка трубы б выдавливается в раскрытую полуформу 7 через формирующую головку 5 экструдером 2. Расплав сначала выдается до определенной длины (рис. 1, а). Все это время шнек 1 вращается. После чего полуформы 7 смыкаются с помощью пневмо- или гидропривода (рис. 1, б) и один конец заготовки зажимается на дорне 4, а второй сваривается

Таблица 1

Способ приготовления или раздува заготовки	Краткое описание технологии
Экструзия с немедленным последующим раздувом	Экструдер подает расплав в головку, откуда он выдавливается в виде трубчатой заготовки кольцевого сечения в пространство между разомкнутыми полуформами
Предварительная экструзия	Заготовка предварительно экструдирована и охлаждается. Перед подачей на раздув ее разогревают
Литье под давлением	Отливка заготовки, по форме напоминающей пробирку; ее охлаждение в литьевой форме до температуры, при которой возможен ее раздув и перемещение в раздувную форму
Сварка трубчатой заготовки из листа	Предварительно сваренная из листа трубчатая заготовка разогревается и подается в форму
Изготовление листовых заготовок	Две предварительно изготовленные листовые заготовки разогреваются, совмещаются и замыкаются между полуформами, в зазор между ними подается воздух
Раздув через:	
дорн	Воздух в заготовку подается через центральное отверстие в дорне
ниппель	Экструдированная заготовка как бы надевается на ниппель; полуформы смыкаются, обжимая на ниппеле заготовку и формируя тем самым горловину, и в заготовку подается воздух; ниппель отводится, форма раскрывается
иглу	После смыкания полуформ через отверстие в раздувной форме вводится полая игла, протыкающая заготовку; через нее подается воздух (способ используется для изделий без функциональных отверстий и для широкогорловых отверстий)

Таблица 2

Материал	Вещество, с которым должно работать изделие	Коэффициент проницаемости, г·мм/(м ² ·сутки), при 313 К (40 °С)
Высокомолекулярный ПЭВП	Бензин	80
Высокомолекулярный ПЭВП	Метанол	2
Полиамид марки ПА6	Бензин	0,1
Полиамид марки ПА6	Метанол	118
Высокомолекулярный ПЭВП	Смесь бензина с 15 % метанола	72
Полиамид марки ПА6	Смесь бензина с 15 % метанола	70

пресс-кантом 9 полуформы. В итоге сварной шов оказывается на дне будущего изделия. Далее герметизированную таким образом заготовку раздувают сжатым воздухом, открывая кран 3. При этом воздух через канал в дорне подается в ее внутреннюю полость. В итоге она раздувается и приобретает очертания формы, т.е. становится изделием, которое после его охлаждения извлекается из формы (рис. 1, в). При этом горловина изделия отрывается от остающегося в головке расплавленного материала для очередной заготовки.

Данный способ высокопроизводителен, экономически эффективен и вполне приемлем для получения полых изделий из гомополимеров (полиолефинов, поливинилхлорида, полистирола и др.). Однако гомополимеры, а также их смеси, обладающие термодинамической совместимостью компонентов (полной взаимной растворимостью), не всегда обладают свойствами, позволяющими получить из них детали, соответствующие заданным требованиям. Так, если взять детали систем питания и улавливания паров бензина, то от них требуется высокая прочность и низкая бензопроницаемость, т.е. способность препятствовать проникновению паров топлива сквозь стенки этих деталей. Первому из этих требований вполне соответствует полиэтилен (ПЭ), широко применяемый для изготовления деталей экструзионно-выдувным способом: в нем сочетаются высокая прочность с достаточной эластичностью и способностью "работать" в очень широком интервале температур (от 153 до 373 К, или от -120 до 100 °С). Но он легко проницаем по отношению к парам бензина. Алифатические же полиамиды (ПА), в частности ПА6, имеют низкую бензопроницаемость и высокую прочность, однако ввиду сравнительно низкой вязкости и прочности расплава практически не пригодны для переработки методом экструзии с раздувом. Как и для использования их в качестве материалов для изготовления однослойных топливных баков этим методом. В табл. 2 приведены значения коэффициентов проницаемости высокомолекулярного полиэтилена высокой плотности (ПЭВП) и ПА6 по отношению к бензину и некоторым другим веществам.

Для получения изделий с требуемыми прочностью и бензопроницаемостью широкое применение нашел более сложный вариант – многослойное формование. Этот метод позволяет сочетать свойства различных поли-

мерных материалов, составляющих многослойную структуру таких изделий. Пример его использования – показанная на рис. 2 структура стенки шестислойного бензобака, изготовленного методом многослойного раздувного формования с непрерывным экструдированием трубчатой заготовки.

Такая многослойность структуры и наличие адгезионных слоев обусловлены тем, что у прочного полиэтилена и бензонепроницаемого барьерного слоя взаимной растворимости нет, поэтому между ними приходится вводить специально разработанный полимер, обладающий адгезией как к барьерному слою, так и к полиэтилену, т.е. слой, обеспечивающий их взаимное сцепление и, следовательно, монолитность многослойного изделия. В качестве материалов для барьерного слоя, как правило, применяют алифатические полиамиды и этиленвиниловый спирт.

Очевидно, что для получения многослойных выдувных изделий экструзионно-выдувные агрегаты (ЭВА) нужно оснащать дополнительными экструдерами и специальными экструзионными головками. Что и делается. Например, есть ЭВА, позволяющие изготавливать пяти- и шестислойные изделия. Но их стоимость, разумеется, значительно (в 1,65...2,5 раза) выше стоимости ЭВА для аналогичных однослойных изделий [6]. Понятно, что и стоимость материалов оказывается заметно выше.

Следует отметить, что отечественных материалов, необходимых для изготовления деталей систем питания и улавливания паров бензина автомобиля методом многослойного экструзионно-раздувного формования, в России пока нет. Поэтому российские производители ищут альтернативы многослойному выдуванию. Одним таким решением, по мнению автора, может стать метод экструзии с раздувом однослойной заготовки, выполненной из композиций полимеров, не обладающих термодинамической совместимостью. Например, композит на базе ПА6, при его совмещении с функционализированными полимерами и сополимерами олефинов могут быть получены композиционные материалы с высокими вязкостью и прочностью расплава, пригодные для переработки методом экструзии с раздувом. Такие материалы имеют низкую бензопроницаемость, а также высокие механические свойства. Пример – уже разработанные композиции "Армамид" и "Этамид" на базе ПА6 в России и Белоруссии. Специалисты ВАЗа сравнили бензопроницаемости полиэтилена, "Армида" и "Этамида" и получили следующие результаты: бензопроницаемость материала ПЭВД 276-73 составляет 13,6 г/(м²·сут), а его аналогов "Армида ПА6-5ЭК" и "Этамида" – 0 г/(м²·сут). Так что "Армамид" и "Этамид" – материалы явно перспективные.

Правда, они относятся к числу тех, в которых отсутствует термодинамическая совместимость (полная взаимная

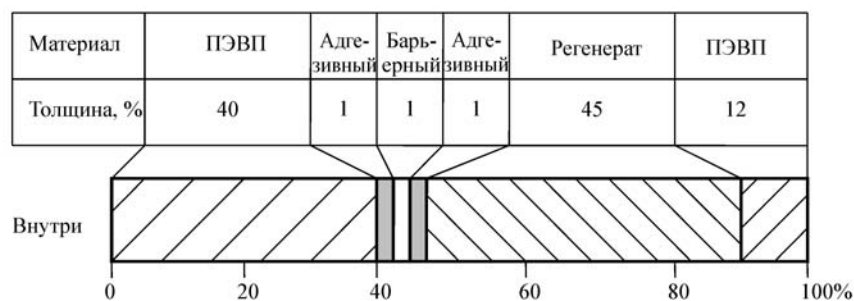


Рис. 2. Типичная структура стенки шестислойного бензобака

растворимость) компонентов, поэтому метод экструзионно-раздувного формования однослойных изделий из них не обеспечивает достаточной прочности сварных швов. И чтобы решить данную проблему, т.е. проблему повышения прочности сварных швов выдувных изделий, придется более глубоко исследовать специфику релаксационных явлений, протекающих в полимерных составляющих смеси на стадиях переработки (от состояния расплава до твердого состояния) и дорабатывать метод однослойного экструзионно-раздувного формования. Что тоже уже и делается: специалисты ИММС АН Беларуси и ВАЗа выполнили технологические эксперименты, по результатам которых установлено: проблема решается, если на стадии выдавливания и подачи заготовки экструдер и угловая головка ЭВА обеспечивают более высокую температуру заготовки в момент ее раздува, чем температура кристаллизации алифатического ПА6 в смеси, а на стадии смыкания полуформ – если обеспечить температуру $T_{ПК}$ пресс-кантов в интервале

$$T_{cПА} \leq T_{ПК} \leq 0,85 T_{плОП}, \quad (1)$$

где $T_{cПА}$ – температура стеклования алифатического ПА в смеси; $T_{плОП}$ – температура плавления олефинового полимера.

Так, когда $T_{ПК} < T_{cПА}$, то при соприкосновении расплава смеси с пресс-кантами резко ограничивается сегментальная подвижность макромолекул ПА, что затрудняет протекание диффузионных процессов в зоне сварного шва и снижает его прочность. Температура же, равная $0,85 T_{плОП}$, соответствует температуре кристаллизации полиолефинового компонента в смеси: выше ее полиолефиновый компонент в смесевой композиции находится в состоянии расплава, поэтому формование деталей с высокой производительностью затруднено, поскольку смесевой материал не успевает полностью перейти в твердое агрегатное состояние, что отрицательно сказывается на формоустойчивости детали и герметичности сварных швов.

И еще одно обстоятельство, выявленное в ходе экспериментов: компрессор, подающий воздух во внутреннюю полость заготовки, должен обеспечивать осушку воздуха (газа) и его температуру $T_{сг}$ в диапазоне

$$1,2 T_{cПА} \leq T_{сг} \leq 0,85 T_{плОП}. \quad (2)$$

Это повышает качественные показатели готовых изделий, так как сухой и горячий воздух облегчает протекание диффузионных процессов, ответственных за сварку, удаляет влагу из зоны сварного шва, исключая тем самым экранирующее влияние воды на формирование аутогезионного контакта при сварке и повышая прочность шва. Дело в том, что температура воздуха, равная $1,2 T_{cПА}$, фактически соответствует релаксационному переходу "жидкость–жидкость" в фазе ПА–"Т-переход". То есть это температура, равная температуре расстекловывания самого высокомолекулярного сегмента в аморфной фазе ПА. Ей соответствует повышенная молекулярная подвижность в фазе ПА, что облегчает формирование аутогезионного контакта и повышает прочность и герметичность сварных швов.

И последнее. Перед размыканием формы система управления ЭВА должна обеспечить сброс давления сжатого воздуха (газа) в отформованной емкости до атмосферного уровня. В противном случае в зоне сварного шва готовые изделия могут появиться микротрещины.

На основе приведенных выше рекомендаций и была разработана технология и освоено серийное производство сепараторов паров бензина из композиционных материалов на основе полиамида и полиэтилена ("Армамид" и "Этамид") для автомобилей ВАЗ, и эти изделия положительно оцениваются по опыту их эксплуатации.

Литература

1. Лунин А.С., Кулаков И.В., Герасимова Н.В., Кулаков В.А. Пластмассы для кузовных деталей автомобилей // Автомобильная промышленность. 2006. № 1.
2. Гуль В.Е., Акутин М.С. Основы переработки пластмасс. М.: Химия, 1985. – 400 с.
3. Matthias Krust. Die Natur macht es vor. Automobilwoche, 2008. Oktober. S. 19.
4. Pentzel C. Verdunstungsemissionen. ATZextra 2008. November. S. 156–158.
5. Росато Д., Росато А., ДиМаттиа Д.. Раздувное формование / под ред. канд. физ.-мат. наук О.Ю. Сабса. СПб.: Профессия, 2008. – 650 с.
6. Daubenbuchel W.: Coextrudierte Kunststoff-Kraftstoffbehälter. Kunststoff 82. 1992. 3. S. 201–206.

УДК 629.113.001.2

ОКРУЖНЫЕ СИЛЫ ВЕДУЩИХ КОЛЕС АВТОМОБИЛЯ И СИЛЫ ТЯГИ¹

Канд. техн. наук **В.И. КОПОТИЛОВ**
Тюменское ВВИКУ (военный институт)
(8452.26-84-82)

Итак, если сила $P_{ко}$ для колеса является не внутренней силой, а внешним усилием и порождается опорной поверхностью, то она может лежать только в опорной плоскости, т.е. на расстоянии динамического радиуса, который представляет собой ее плечо относительно оси колеса. То есть в формулах должен применяться не кинематический, а динамический радиус

колеса. Кинематический же радиус $r_k = v / \omega$ колеса – условность, которая для реального колеса не может рассматриваться в качестве плеча продольных сил, лежащих в плоскости пятна контакта. И не случайно использование r_k вместо r_d приводит не только к рассмотренному выше казусу полной окружной силы, но и порождает другие. Например, в период нагружения колеса крутящим моментом, предшествующим моменту трогания автомобиля с места, угловая ω и линейная v скорости колеса, очевидно,

равны 0. Значит, $r_k = v / \omega = 0 / 0$, что является математически неопределенной величиной. Но это означает, что математически неопределенной является и сила P тяги колеса. На практике же все не так: сила тяги нарастает, достигая соответствующего критического значения, равного суммарной силе сопротивления, после чего и начинается процесс его качения. Это вполне отвечает формуле $P_p = M_k / r_d$.

На неправомочность использования кинематического радиуса в качестве плеча силы указывает и еще один парадокс. Если ведущее колесо пробуксовывает, то, согласно формуле № 1, окружная сила $P_{ко}$ должна значительно возрастать, так как кинематический радиус колеса, равный $r_k = v / \omega_k$, уменьшается. Более того, если автомобиль неподвижен, а его ведущие колеса при этом буксуют, то из-за падения кинематического радиуса до нуля ($r_k \rightarrow 0$) сила $P_{ко}$ тяги колеса должна возрастать вплоть до бес-

¹ Продолжение. Начало см. "АП". 2013. № 12.

конечности ($P_{\text{ко}} \rightarrow \infty$). Однако в действительности этого, как известно, нет. Следовательно, формула № 1 и в этом случае не работает.

Ю.А. Ечеистов и Д.С. Семов, положив в основу уравнения моментов равномерно катящегося ведущего колеса (формула № 7) и проведя эксперименты, получили строго линейную зависимость продольной реакции X дороги от величины крутящего момента M . Это свидетельствует, во-первых, о стабильности динамического радиуса колеса $r_{\text{д}}$, который, как известно, практически не зависит от крутящего момента, а во-вторых, о том, что силу тяги $P_{\text{т}}$ ведущего колеса и силу его сопротивления качению $P_{\text{ф}}$ определяет вовсе не кинематический, а динамический радиус (формула № 8).

Действительно, если бы силы тяги $P_{\text{т}}$ и сопротивления качению $P_{\text{ф}}$ определялись кинематическим радиусом, т.е. были бы верны формулы $P_{\text{т}} = M / r_{\text{к}}$ и $P_{\text{ф}} = Z(a / r_{\text{к}})$, то линейная зависимость X от M была бы невозможна, так как кинематический радиус $r_{\text{к}}$ в весьма значительной степени зависит от крутящего момента, подводимого к колесу. Это хорошо известно из опытов самого Е.А. Чудакова, который установил зависимость между $r_{\text{к}}$, $r_{\text{ко}}$ и M , выраженную формулой № 9. Другими словами, вместо линейной зависимости X от M (формула № 8) имела бы место зависимость нелинейная (формула № 10). Это лишний раз указывает на неправомочность использования кинематического радиуса колеса для расчета продольных сил, лежащих в плоскости его контакта с опорной поверхностью.

Таким образом, анализ показывает, что введенная Е.А. Чудаковым полная окружная сила $P_{\text{ко}}$, приложенная к ведущему колесу на расстоянии кинематического радиуса $r_{\text{к}}$ от оси его вращения, которую он предложил рассматривать как движущую (тяговую) силу автомобиля, сама по себе сомнительна и не имеет под собой твердых научных оснований. То же самое можно сказать и о формулах № 4, 5 и 6.

Не решает проблему и теоретически необоснованная замена кинематического радиуса $r_{\text{к}}$ на радиус качения "без проскальзывания" ("без буксования"), т.е. искусственное и теоретически никак не обоснованное ограничение режима качения реального колеса и значения его радиуса качения, как это делает, например, В.А. Петрушов [9].

Теоретически приемлемой выглядит лишь формула № 3, в которой крутящий момент относится к динамическому радиусу колеса: он как раз и соответствует плечу окружной силы относительно оси вращения колеса.

Следует отметить, что динамический радиус вместо кинематического использует не только Е.Д. Львов, но и Б.С. Фалькевич [10], который силу тяги рассчитывать по формуле № 11. Вслед за ними через динамический радиус стали рассчитывать окружную силу и другие специалисты в области теории движения колесных машин, например, А.С. Литвинов и Я.И. Фаробин, Д.А. Чудаков, Е.А. Ульянов, В.Н. Шлягин, В.В. Гуськов, Г.М. Кутьков, В.П. Бойков. Однако, если формулы № 3 и 11, содержащие динамический радиус и определяющие численное значение тягового усилия ведущего колеса, возражений не вызывают, то сама по себе сила $P_{\text{ко}}$, как физическая величина, такого доверия, естественно, не вызывает, поскольку не имеет соответствующего теоретического обоснования и является по существу условной (фиктивной) величиной. Иногда, используя формулу № 2, под полную окружную силу $P_{\text{ко}}$ пытаются подвести теоретическую основу, т.е. доказать, что эта сила вытекает, якобы, из нее. Так поступают даже те, кто однозначно отказался от $r_{\text{к}}$ в пользу $r_{\text{д}}$. Они левую часть формулы № 2, т.е. $M_{\text{к}} / r_{\text{к}}$ (у некоторых ученых — $M_{\text{к}} / r_{\text{д}}$), имеющую размерность силы, не вдаваясь в ее смысл, объявляют касательной силой тяги колеса, которая действует по касательной к окружности радиуса $r_{\text{к}}$ в сторону перемещения автомобиля. При этом заявляют, как, например, это делает В.А. Савочкин, что "часть касательной (окружной) силы тяги колеса расходуется на создание полезной толкающей силы колеса, а вторая часть (второе слагаемое) — на преодоление силы сопротивления качению колеса".

Такая трактовка указанного отношения ошибочна. В основе формулы № 2 лежит уравнение равновесия крутящих моментов, действующих на ведущее колесо, в котором $M_{\text{к}}$ — момент, подводимый через трансмиссию от двигателя. Следовательно, если $M_{\text{к}} / r_{\text{к}}$ (или $M_{\text{к}} / r_{\text{д}}$) называть силой $P_{\text{ко}}$, то она должна удовлетворять исходному уравнению, т.е. уравнению моментов. Другими словами, момент этой силы, равный $P_{\text{ко}} r_{\text{к}}$ (или $P_{\text{ко}} r_{\text{д}}$) должен давать $M_{\text{к}}$, соответствующий направлению вращения колеса. Сила же $P_{\text{ко}}$, направленная по ходу движения колеса, такого момента не дает, так как ее момент направлен в противоположную сторону. Он, в отличие

от $M_{\text{к}}$, не уравнивает сумму моментов сопротивления качению $f Z_{\text{к}} r_{\text{к}}$ (или $f Z_{\text{к}} r_{\text{д}}$) и продольной реакции дороги $X_{\text{к}} r_{\text{к}}$ (или $X_{\text{к}} r_{\text{д}}$). Более того, он сам является моментом сопротивления качению ведущего колеса.

К сказанному можно добавить, что $X_{\text{к}}$ и $P_{\text{ко}}$ — две совершенно разные по происхождению силы. $X_{\text{к}}$ — результат силового воздействия на колесо дороги, а $P_{\text{ко}}$ — результат передачи колесу усилия автомобильного двигателя. К тому же $X_{\text{к}}$ по отношению к автомобилю — внешняя сила, а $P_{\text{ко}}$ — внутренняя.

Таким образом, принятая трактовка отношения $M_{\text{к}} / r_{\text{к}}$ в корне противоречит исходному уравнению моментов, а использование формулы № 2 для "теоретического" обоснования окружной силы неправомочно. И даже если силу $P_{\text{ко}}$ рассматривать вне контекста формулы № 2, т.е. как условную продольную реакцию опорной поверхности, численно равную $P_{\text{ко}} = M_{\text{к}} / r_{\text{д}}$, то и в данном случае состоятельность этого усилия как силы тяги весьма проблематична. И даже не потому, что такая сила условна, а потому, что она прикладывается, во-первых, со стороны неподвижной опорной поверхности (дороги) и, во-вторых, не совершает работы, так как прикладывается к неподвижной части колеса.

На первый взгляд, то обстоятельство, что источником силы является неподвижная опорная поверхность, как раз и является главным аргументом в пользу этой силы, так как в теоретической механике принято считать, что только внешние силы (в данном случае силы со стороны дороги) способны изменить состояние механической системы (в нашем случае — автомобиля). Однако этот аргумент перечеркивают два обстоятельства: неподвижная дорога, создающая силу $P_{\text{ко}}$, не располагает энергией для совершения механической работы над автомобилем, а ее продольные реакции, прикладываемые к неподвижной части ведущих колес, не совершают работы. По этой причине она не может быть источником движущей силы автомобиля. Но если силы дороги не совершают работу, то они не могут обеспечить и приращение кинематической энергии автомобиля, т.е. вызвать его трогание с места, разгон и покрытие отрицательной работы всех сил сопротивления движению.

Таким образом, сложившиеся представления о так называемой полной окружной силе ведущего колеса автомобиля и ее утверждение в качестве силы тяги лишены теоретической основы.

ЛЕГКОВОЙ АВТОМОБИЛЬ – ШИННЫЙ ТЕСТЕР

Кандидаты техн. наук **С.Р. КРИСТАЛЬНЫЙ** и
В.Н. ЗАДВОРНОВ, Н.В. ПОПОВ, В.А. ФОМИЧЁВ
НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ", МАДИ (ГТУ) (499. 155-03-71)

Сформулированы принципы создания и дается описание шинного тестера, выполненного на базе серийного легкового автомобиля.

Ключевые слова: шинный тестер, испытания, коэффициент сцепления, антиблокировочные системы, шипованные шины.

Kristalnyi S.R., Zadvornov V.N., Popov N.V., Fomitchev V.A.

LIGHT WEIGHT VEHICLES – TIRE TESTER

The principles creation of tire tester on base car are formulated and its description is reviewed.

Keywords: anti-lock braking system (abs), testing, spiked tires, synthetic ice.

Для проведения метрологической аттестации участков дорог с различными коэффициентами сцепления и оценки характеристик сцепных качеств шин в дорожных условиях используются, как известно, шинные тестеры. Они позволяют получать зависимости коэффициентов сцепления шины с различными дорожными покрытиями от величины продольного скольжения (φ - S диаграммы), необходимые при создании алгоритмов функционирования АБС, ПБС, а также целого ряда других устройств, использующих для своих целей исполнительные механизмы этих систем.

Разработкой шинных тестеров занимались ученые Швеции, Чехии, Франции, США. Есть свои тестеры и в России. Пример тому – универсальный шинный тестер ШТ-1, спроектированный специалистами НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ", СоюздорНИИ, НПО "Экран" и фирмой "АБС-ТК". Он, как и абсолютное большинство аналогичных устройств, представляет собой одноколесную прицепную тележку, оборудованную тормозным механизмом, и позволяет [1] одновременно измерять продольную R_x и нормальную R_z реакции в пятне контакта колеса с опорной поверхностью, вычислять их отношения, определяя таким образом значения коэффициента φ сцепления колеса с поверхностью дороги при задаваемых величинах коэффициента S продольного скольжения колеса и различных скоростях v движения. Выполнен он на базе автомобильной установки ПКРС-2У и имеет дисковый тормозной механизм с гидравлическим приводом, тензометрические датчики СФМИ-3 нагрузки, прибор "путь–время–скорость", колесо с ободом 4,5J-13 и автомобильную шину размерности 6,45–13. Управление его тормозной системой автоматическое, с помощью специального контроллера и

модулятора давления в приводе тормозного механизма. Погрешность измерения тормозной силы не превышает 2 %, скорости движения – 1 %; суммарная погрешность при вычислении проскальзывания и коэффициента сцепления составляет 5 %. Однако конструкция тестера ИП-1 имеет существенный недостаток: на нем можно испытывать только шины с одним посадочным размером обода – 13 дюймов.

Еще одним инструментом проверки и оценки качества автомобильных шин и их сцепных характеристик является разработанный в СибАДИ метод, который основан на использовании стенда с беговым барабаном диаметром 1,6 м [2]. На этот барабан в зимнее время можно наморозить слой льда и тем самым проводить испытания зимних нешипованных шин. Однако этот стенд не может применяться для исследования шипованных шин из-за образования на поверхности барабана ледяной крошки, препятствующей получению стабильных характеристик.

Приведенные выше примеры говорят о том, что существующие шинные тестеры все-таки достаточно далеки от совершенства. Поэтому нужно искать какие-то альтернативные решения. И одно из них, по мнению авторов, состоит в том, чтобы в качестве шинного тестера использовать легковой автомобиль, прошедший определенную доработку. Это позволит отказаться от буксируемой автомобилем-тягачом колесной тележки, повысить мобильность испытаний и расширить номенклатуру испытываемых шин.

Для преобразования серийного легкового автомобиля в шинный тестер, как показывает анализ, необходимо решить три задачи: обеспечить возможность затормаживания колесами этого автомобиля только одной оси; установить на автомобиль измерительную и регистрирующую аппаратуру для определения скорости его движения, продольного ускорения (замедления), окружной скорости колес, усилия на педали тормозного механизма; загрузить автомобиль балластом таким образом, чтобы было обеспечено равное распределение нагрузки на колеса правого и левого его бортов. В этом случае изменение скольжения колес будет обеспечиваться рабочей тормозной системой, действующей на затормаживаемые колеса одной оси. И тогда с помощью установленного на борту оборудования можно будет определять [2] величину скольжения S затормаживаемых колес по отношению их окружной скорости к скорости автомобиля (формула №1 в таблице).

Метод определения продольного коэффициента φ_x сцепления с помощью автомобиля–шинного тестера, по существу, тот же, что применяется при испытаниях АБС на использование силы сцепления в соответствии с Приложением 13 к Правилам № 13 ЕЭК ООН. φ_x представляет со-

№ формулы	Формула	Примечания
1	$S = \frac{v_a - \omega r_d}{v_a}$	v_a – линейная скорость автомобиля; ω – угловая скорость тормозящихся колес; r_d – динамический радиус колеса
2	$\varphi_x = \frac{R_x}{R_{z_d}}$	–
3	$R_x = m j_3 - 0,01 m_2 g$	m – масса автомобиля; j_3 – его замедление; m_2 – масса автомобиля, приходящаяся на заднюю ось; g – ускорение свободного падения
4	$R_x = m j_3 - 0,015 m_1 g$	m_1 – масса автомобиля, приходящаяся на переднюю ось
5	$R_{z_{d1}} = \left(m_1 g + \frac{h j_3 m}{L} \right)$	h – высота центра масс автомобиля; L – его база
6	$R_{z_{d2}} = \left(m_2 g - \frac{h j_3 m}{L} \right)$	–



Рис. 1. Шинный тестер-автомобиль:

1 – система DB-Print типа "пятое колесо"; 2 – выносной датчик угловой скорости колеса; 3 – контрольная метка

бой отношение силы R_x к динамической вертикальной нагрузке $R_{z,d}$ на эту затормаживаемую ось (формула № 2).

Тормозная сила R_x рассчитывается на основании замедления j_z автомобиля с учетом сопротивления качения незаторможенной оси, составляющего 0,015 статической нагрузки на ведущую ось и 0,010 статической нагрузки на ведомую ось. Например, при торможении передней осью переднеприводного автомобиля это будет формула № 3, а задней осью – формула № 4.

Динамическая вертикальная нагрузка $R_{z,d}$ на затормаживаемую ось рассчитывается с учетом догружения (торможение передней осью) или разгрузки (торможение задней осью) в процессе торможения. Для передней оси – по формуле № 5, а для задней – по формуле № 6.

Авторы не только разработали идею автомобиля-шинного тестера, но и его конструкцию (рис. 1). В качестве его базы был взят автомобиль "Форд Фокус I", на который установили измерительную систему DB-Print типа "пятое колесо", предназначенную для проведения испытаний на ускорение и торможение транспортных средств; выносные датчики BDG 6360 угловой скорости (частоты вращения) колеса; датчик CPFTA усилия нажатия на педаль тормоза; компактную мобильную систему DAS-3 сбора и обработки данных; блок распределения электропитания. Для визуализации процессов, происходящих с "пятым колесом", во время испытаний на тестируемые шины наносятся контрольные метки (поз. 3 на рис. 1).

Измерительная система DB-Print предназначена для измерения параметров движения автомобиля ("путь–скорость–ускорение"). Принцип ее действия основан на использовании "пятого колеса" с импульсным датчиком в качестве приемника пройденного пути. Полученная таким образом информация поступает на блок обработки и отображения, после чего выводится на встроенный дисплей, а также, при необходимости, на встроенное или внешнее печатное устройство. Измерять параметры движения автомобиля можно также с помощью измерительных систем с оптическими датчиками скорости или с GPS-приемником, однако в первом случае велика вероятность сбоев при работе на некоторых видах покрытий (в частности, на льду в солнечную погоду), а во втором – может не обеспечиваться необходимая точность измерения.

У измерительных систем типа "пятое колесо" есть, как известно, два недостатка – невозможность выполнения замеры при движении задним ходом и достаточно большая вероятность выхода из строя при потере автомобилем курсовой устойчивости. Тем не менее наиболее практичной и надежной для испытания шин на ледяном дорожном покрытии зарекомендовала себя именно эта система.

Запитывается система DB-Print от бортовой сети автомобиля (через блок распределения питания), а состоит она из трех блоков: обработки и отображения информации, "пятого колеса" и импульсного датчика, который на 1 м дистанции вырабатывает 500 или 1000 импульсов. Что позволяет определять пройденный автомобилем путь и его скорость с точностью до 0,5 %.

Блок обработки и отображения информации размещается перед водителем (с помощью вакуумных кронштейнов крепится к лобовому стеклу).

Угловая скорость колес измеряется выносными датчиками "Баллуф BDG 6360". Подвижная часть каждого такого датчика жестко крепится на установочном диске с цапгами, которые, в свою очередь, фиксируются на крепежных гайках колесного диска (рис. 2). Неподвижная же часть датчика крепится к кузову автомобиля специальными вакуумными кронштейнами через телескопические штанги, которые способны компенсировать вертикальные перемещения колес относительно кузова в пределах хода подвески, а также поворот передних управляемых колес при маневрировании автомобиля. Датчики угловой скорости устанавливаются на все колеса автомобиля. Они вырабатывают 1000 импульсов за 1 оборот, что, например, при динамическом радиусе колеса $r_d = 298$ мм соответствует 535 импульсам на 1 м пройденного пути.

Для измерения силы нажатия на педаль тормоза в процессе торможения используется датчик CPFTA. Его установка обуславливалась необходимостью поддержания постоянного усилия воздействия на педаль тормоза при проведении испытаний по определению ϕ – S диаграммы. Датчик крепится на педали тормоза с помощью резинового ремня и соединен кабелем с блоком питания и индикации величины усилия нажатия, который установлен на вакуумном кронштейне перед испытателем. Диапазон измерений датчика – 0...1500 Н, относительная точность измерений – 3 %.

Компактная мобильная система DAS-3 сбора и обработки данных служит для записи регистрируемых параметров и их предварительной обработки. Она состоит из основного модуля сбора данных и блока управления и отображения. Основной модуль, в свою очередь, включает два главных компонента: аналоговый и процессорный модули. Управление, определение параметров и оперативное отображение данных осуществляются через блок управления и отображения – пульт управления и цифровой дисплей.



Рис. 2. Внешний выносной датчик угловой скорости колеса и его установка

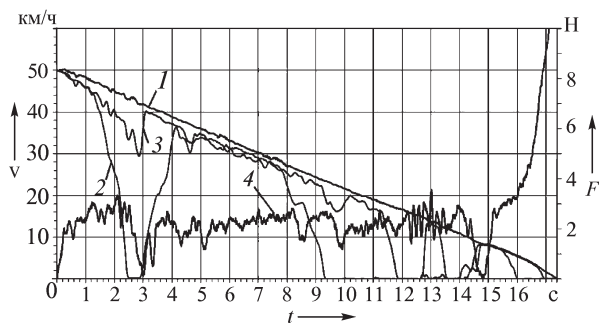


Рис. 3. Торможение задней осью, шины – зимние шипованные, дорожное покрытие – лед:

1 – скорость автомобиля по датчику типа "пятое колесо"; 2 – скорость заднего левого колеса; 3 – скорость заднего правого колеса; 4 – усилие нажатия на педаль тормоза

Регистрируемые данные сохраняются на флэш-карте емкостью 8 Гб. Тип создаваемых файлов (расширение) – adf.

Для обеспечения затормаживания только передней или задней оси автомобиля при проведении испытаний применяются специальные струбцины, пережимающие тормозные шланги. АБС отключается путем демонтажа плавких электрических предохранителей № 11 (сила тока 30 А) и № 21 (сила тока 20 А) из дополнительного монтажного блока, расположенного в подкапотном пространстве автомобиля (первый из этих предохранителей защищает цепь насоса гидравлического блока АБС, второй – цепь клапанов АБС).

С помощью рассматриваемого автомобиля–шинного тестера в НИЦИАМТ ФГУП "НАМИ" были проведены испытания с целью определения φ – S диаграмм зимних шипованных и нешипованных шин на льду. Эти шины имели одинаковую конструкцию, состав резины, рисунок протектора, заводской номер партии и отличались друг от друга только отсутствием или наличием шипов противоскольжения. Тем самым исключалось влияние других факторов на φ – S диаграмму.

Технология их испытаний сводилась к следующему.

Для получения φ – S диаграмм была проведена серия испытательных заездов на ледяном покрытии, каждый из которых включал торможение одной осью автомобиля (как передней, так и задней) со скорости 50 км/ч до равной

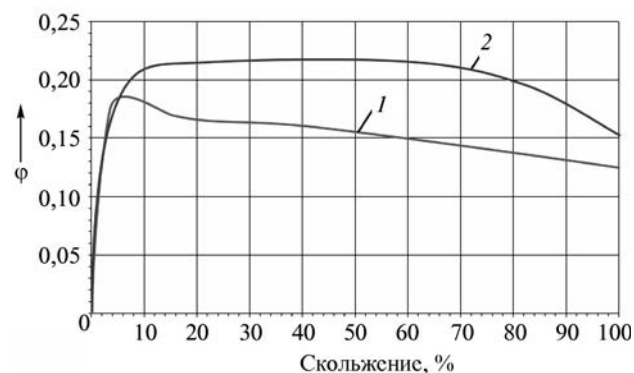


Рис. 4. Зависимость коэффициента сцепления от скольжения (φ – S диаграммы) на льду:

1 – для зимней нешипованной шины; 2 – для зимней шипованной шины

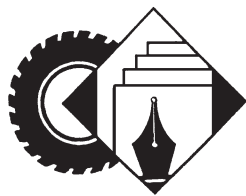
нулю. При этом давление в тормозном приводе от заезда к заезду возрастало. Одновременно измерялись скорость движения автомобиля, окружная скорость каждого его колеса, замедление автомобиля, пройденный им путь и усилие нажатия на педаль тормоза. Пример записи отдельных параметров движения автомобиля в одном из заездов приведен на рис. 3. При обработке этих результатов рассматривались участки с одинаковым равномерным скольжением обоих тормозящих колес и анализировалось достигнутое замедление. Массив данных, состоящий из замедлений и соответствующих им проскальзываний, и является необходимой базой для построения φ – S диаграммы (рис. 4) для каждого типа зимних шин.

Литература

1. Никольников Э.Н., Барашков А.А., Логунов А.А. Шинные тестеры – инструмент метрологической аттестации испытательных участков дорожных поверхностей с различными коэффициентами сцепления // Автомобильная промышленность. 2011. № 6. С. 34–38.
2. Капралов С.С., Малюгин П.Н., Заршиков А.М., Ковригин В.А. Испытания шин на барабанном стенде с ледяным покрытием // Автомобильная промышленность. 2003. № 3. С. 28–29.
3. Эксплуатация антиблокировочных систем легкового автомобиля: учеб. пособие для вузов / В.Е. Ютт и др. М.: МАДИ (ГТУ), 2003. – 225 с.

ВНИМАНИЕ!

Оформить подписку на журнал "АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ" с любого месяца можно непосредственно в "Издательстве Машиностроение"



УДК 629.124.9.039

ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ БОЛЬШЕГРУЗНЫХ АМФИБИЙНЫХ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ НА ВОЗДУШНОЙ ПОДУШКЕ ДЛЯ ОРГАНИЗАЦИИ СИСТЕМ ИНТЕРМОДАЛЬНЫХ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК В АРКТИЧЕСКОЙ ЗОНЕ РОССИИ

Кандидаты техн. наук **А.Е. ДУБИН** и **В.Е. НЕСТЕРОВ**
МГТУ имени Н.Э. Баумана
E-mail: tec@sm.bmstu.ru

Показана роль Арктической зоны для развития национальной экономики России, выявлена важность коренной модернизации региональных транспортных систем для выполнения стратегических планов высшего руководства страны по освоению Арктики. На основе анализа последних изменений в развитии регионального транспорта сделаны предложения ко второму этапу "Транспортной стратегии Российской Федерации на период до 2030 г.". Подробно представлены перспективы новых большегрузных амфибийных транспортных средств на воздушной подушке (ТСВП) для организации систем регулярных интермодальных контейнерных перевозок в Арктической зоне РФ.

Ключевые слова: Арктика, Арктическая зона, транспортная стратегия, интермодальные контейнерные перевозки, большегрузное амфибийное транспортное средство на воздушной подушке, судно на воздушной подушке, технические характеристики, сравнительная эффективность.

Dubin A.E., Nesterov V.E.

PERSPECTIVES OF CARGO HOVERCRAFTS APPLYING TO BUILD INTERMODAL CONTAINERIZED FREIGHT TRANSPORT SYSTEMS IN THE ARCTIC ZONE OF THE RUSSIAN FEDERATION

In this paper, we show a significance of the Arctic zone for the Russian economy, discover an importance of the regional transport modernization to achieve strategic goals of the Russian Government in the Arctic. By analyzing latest substantial improvements in the regional transport, we introduce propositions for the second stage of the "Transport strategy of the Russian Federation for the period to 2030". Also, we represent significant perspectives of new cargo amphibious air cushion vehicles applying for developing future intermodal containerized freight transport systems in the Arctic zone of the Russian Federation.

Keywords: Russian Arctic, Arctic zone, transport strategy, intermodal container, transport, freight, cargo amphibious air cushion vehicle, hovercraft, technical data, specifications, efficiency.

Территория Арктической зоны России, по данным Министерства Регионального развития РФ [1], имеет площадь около 9 млн км². На начало 2009 г. здесь проживало чуть более 2,5 млн чел., или менее 2 % от общей численности населения страны. При этом в регионе создается 12...15 % ВВП, обеспечивается около четверти всего экспорта РФ. Первое место в структуре хозяйства Арктической зоны занимает газовый комплекс (в регионе добывается более 80 % всего российского природного газа). Второе — горно-промышленный (здесь доминируют предприятия цветной металлургии: медно-никелевая промышленность и золотодобыча). Также в Арктической зоне добывается значительная часть российских алмазов, 100 % сурьмы, апатита, флогопита, вермикулита, барита, редких металлов; свыше 95 % металлов платиновой группы, более 90 % никеля и кобальта, 60 % меди. Третье место в хозяйственной структуре занимает рыбный комплекс — в регионе добывается более трети рыбы и морепродуктов РФ, производится около 20 % рыбных консервов. Извлекаемые ресурсы углеводородов континентального шельфа в Арктической зоне составляют свыше 83 млрд т условного топлива, в том числе около 13 млрд т нефти и конденсата и более 70 трлн м³ природного газа. Из почти 100 млрд т условного топлива извлекаемых

ресурсов углеводородов всего российского шельфа около 85 % сосредоточено в Арктике.

Арктическая зона выступает в качестве стратегической ресурсной базы России, здесь сосредоточены основные запасы важнейших полезных ископаемых, являющихся определяющими для развития национальной экономики. По оценке экспертов Министерства Регионального развития РФ [1], общая стоимость минерального сырья арктических недр превышает 30 трлн долл.

Важно отметить, что во всех государственных документах, касающихся планов развития Арктической зоны РФ на современном этапе, неизменно подчеркивается, что достижение государственных стратегических целей и приоритетов по обеспечению устойчивого интенсивного инновационного социально-экономического развития этого региона подразумевает существенную модернизацию региональных транспортных систем. Значительная часть из имеющихся на сегодня в регионе объектов транспортной инфраструктуры и парка транспортных средств были построены еще во времена существования СССР, они давно выработали свои эксплуатационные ресурсы, не отвечают современным требованиям, морально устарели и требуют замены.

Общий анализ текущего состояния, проблем и перспективные стратегические планы по развитию всей транспортной системы России подробно представлены в утвержденном Правительством РФ в 2008 г. документе "Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 года" [2]. В документе особо подчеркивается, что на настоящем этапе развития дальнейший рост экономики страны столкнулся с серьезными ограничениями, обусловленными недостаточным развитием транспортной системы: "Сегодняшние объемные и качественные характеристики транспорта, особенно его инфраструктуры, не позволяют в полной мере и эффективно решать задачи растущей экономики. Все это требует от российского транспорта существенной перестройки". Также отмечается, что при переходе к интенсивному инновационному социально ориентированному типу развития страны требуется принятие адекватных стратегических решений по развитию транспортного комплекса на долгосрочную перспективу. В документе представлен комплекс мер по стратегическому развитию транспортной системы РФ вплоть до 2030 г. Реализацию принятой "Транспортной стратегии" предусмотрено проводить в два этапа.

Первый этап (до 2015 г.) — базируется на результатах реализации федеральной целевой программы "Модернизация транспортной системы России (2002—2010)" и ориентирован на решение задач федеральной целевой программы "Развитие транспортной системы России (2010—2015)" и ее подпрограмм по видам транспорта. Этап включает развитие современной и эффективной транспортной инфраструктуры, обеспечивающей необходимые пропускные способности на основных направлениях перевозок, обновление парков транспортных средств, состава морского, речного и воздушного флота, совершенствование технологических процессов. В 2014 г. предусматривается провести корректировку принятых ранее стратегий и концепций, разработать последующие федеральные целевые программы — с учетом достигнутых результатов и новыми особенностями развития транспорта.

Второй этап (2016—2030 гг.) — подразумевает интенсивное развитие транспортной системы по всем направлениям для обеспечения инновационного социально ориентированного пути развития страны.

Арктическая зона РФ простирается на тысячи километров в широтном и меридиональном направлениях, при этом основная ее часть расположена за Северным полярным кругом, в условиях вечной мерзлоты. Для региона характерны крайне низкая плотность населения, сильная неравномерность развития транспортных сетей; огромные территории в его центральной и восточной частях полностью лишены железнодорожного и автомобильного сообщения в настоящее время и вплоть до 2030 г.

Для обеспечения отраслей экономики и жизнедеятельности населения в Арктической зоне традиционно используются в основном воздушный транспорт и наземная вездеходная техника. Зимой широко практикуются перевозки автомобильным транспортом по временным дорогам — автозимникам. Сезонные жизнеобеспечивающие государственные поставки (северный завоз) осуществляются морским транспортом по трассам Северного морского пути и далее внутренним водным транспортом по рекам в короткий период летней навигации.

Подобная структура организации регионального транспорта осталась еще со времен существования СССР. Ее недостатки хорошо изучены и широко известны [12] – система является малоэффективной и существенно затратной, она не обеспечивает необходимые в настоящее время скорости и ритмичность поставок грузов, не приспособлена к использованию современных транспортных технологий, наносит серьезный вред экологии Арктической зоны. Техническое состояние большого числа используемых в регионе транспортных средств, а также состояние и оснащение многих объектов региональной транспортной инфраструктуры уже сегодня не могут обеспечить необходимый уровень безопасности эксплуатации, не подлежат дальнейшей модернизации и требуют полной замены. Из-за недостаточной развитости транспорта в регионе сдерживаются комплексное освоение новых территорий и разработка месторождений полезных ископаемых [3].

Между тем важно отметить, что в последние годы в развитии транспорта Арктической зоны наметились существенные системные изменения. В регионе появились транспортные средства нового типа. Кроме того, ведущими отечественными разработчиками были успешно реализованы несколько новых инновационных проектов перспективных транспортных средств. В совокупности данные факты позволяют говорить о возникновении новых возможностей в плане создания перспективных высокоэффективных региональных транспортных систем, ориентированных на использование самых современных мировых транспортных технологий.

В 2006–2009 гг. одна из российских добывающих компаний, активно работающая в арктическом регионе, ОАО "ГМК "Норильский никель" с целью снижения транспортных издержек и обеспечения устойчивости своего бизнеса в Арктике в современных условиях построила собственный арктический флот, состоящий из пяти дизель-электроходов-контейнеровозов усиленного ледового класса [9].

Основные технические характеристики этих судов: длина 169 м; ширина 23,1 м; дедвейт 18,112 т; осадка – около 9 м. Суда могут перевозить до 700 стандартных 20-футовых контейнеров или брать на борт 12...14 тыс. т груза. Они способны самостоятельно преодолевать арктические льды толщиной около 1,5 м без сопровождения ледоколов (полностью автономное плавание). Кроме того, суда, оборудованные палубными кранами грузоподъемностью 40...45 т каждый, способны круглогодично заходить и проводить снабженческие грузовые операции автономно вне портов в труднодоступных акваториях и необорудованных арктических портопунктах: на ледяном припае, на необорудованный берег, на рейде. Стоимость одного судна составляет около 82 млн евро.

В 2010 г. судами компании были выполнены в Арктике в общей сложности 54 рейса и перевезено 1090 тыс. т грузов, в том числе – 12 прямых рейсов в порты Европы и первый экспериментальный рейс в Юго-Восточную Азию по восточной части Северного морского пути без

ледокольного сопровождения по маршруту: Мурманск – Дудинка – Пусан (Ю. Корея) – Шанхай (КНР). Сегодня транспортный флот ОАО "ГМК "Норильский никель" осуществляет регулярное круглогодичное сообщение в Арктической зоне между портами: Дудинка, Мурманск, Архангельск, Роттердам и Гамбург.

Еще одним знаковым событием последних лет в развитии арктического транспорта стала разработка в 2005–2008 гг. ОАО "ЦМКБ "Алмаз" ряда новых образцов перспективных гражданских большегрузных амфибийных транспортных средств на воздушной подушке (ТСВП) для Арктики [6, 11].

На рисунках показан внешний вид двух образцов таких машин, разработанных ОАО "Хабаровский судостроительный завод", а основные технические характеристики ТСВП приведены в табл. 1 [10].

По назначению проект "Бобер" позиционируется как судно для перевозки грузов, контейнеров, колесной и гусеничной техники на верхней палубе, при установке специально оборудованных модулей может быть использовано для перевозки пассажиров, передвижных медицинских амбулаторий, мастерских. Ходовые качества судна обеспечивают перевозки по водным путям при отсутствии гарантированных глубин на трассе, в условиях открытой воды ледостава или ледохода. Загрузку и выгрузку судна можно осуществлять на берегу при отсутствии причальных сооружений.

Дальнейшим развитием проекта "Бобер" является грузовое ТСВП "Мул". Судно имеет большие размеры и грузоподъемность, предназначено для транспортировки грузов и пассажиров по рекам, способно функционировать в прибрежной морской зоне.

ТСВП "Ямал-60" – это гражданская версия, созданная на базе известного советского военного амфибийного катера на воздушной подушке "Мурена". Судно предназначено для круглогодичной транспортировки контейнеров, пакетированных грузов, колесной и гусеничной техники на открытой палубе и пассажиров (в пассажирских модулях) по рекам, в том числе мелководным, болотам, слабым грунтам и в прибрежных районах арктических морей.

Проект "Ямал-150" – во многом базируется на технических решениях, отработанных при производстве знаменитого советского военного десантного корабля на воздушной подушке "Зубр". Судно предназначено для круглогодичной транспортировки в Арктической зоне крупногабаритных грузов (контейнеров, блок-контейнеров): от судов, стоящих на рейде на расстоянии 10...15 км, до пунктов складирования на берегу или напрямую до пунктов назначения на суше (без промежуточной перевалки на берегу); также для доставки крупногабаритных грузов по суше, на объекты в прибрежной морской зоне или на шельфе.

Одно из главных отличительных качеств ТСВП, делающее их уникальными и наиболее перспективным видом транспортных средств при освоении Арктики, – это присущее данным машинам свойство амфибийности. ТСВП могут круглогодично эксплуатироваться над открытой водной поверхностью, сплошным, битым и торосистым льдом, снежным покровом, над моховой или травяной тундрой, над лугом или болотом, покрытыми кочками и мелким кустарником, над другими типами поверхности суши.

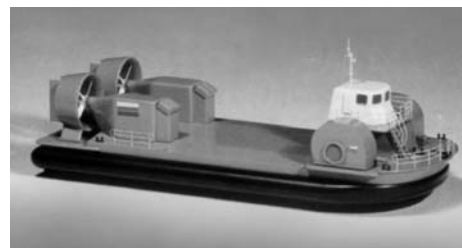
При этом по экономической эффективности арктические грузоперевозки на ТСВП в 6 раз дешевле, чем на вертолетах сходной грузоподъемности [12]. Кроме того, результаты расчетов, приведенные

Таблица 1

	"Бобер" (Россия)	"Мул" (Россия)	"Ямал-60" (Россия)	"Ямал-150" (Россия)
Длина и ширина, м	30,2×11,5	32,0×16,0	41,0×18,0	56,1×25,6
Высота воздушной подушки, м	1,0		1,5	2,7
Полное водоизмещение, т	72	110	160	530
Грузоподъемность, т	25	40	60	150
Дальность хода, км	400		370	600
Крейсерская скорость, км/ч (узлов)	65(35)			
Максимальный уклон, град.	6			
Максимальная высота препятствия, м	0,5	0,6	1,2	1,5
Экипаж, чел.	2	4	6	5
Температурный диапазон, °С	–25...+35	–40...+40	–40...+30	
Класс Речного регистра России	"ЭР"	"ERACV"	"ЭМ-СП СВПА"	"М-СП 3,5/1,25 СВП"



Проект "Ямал-150"



Проект 18810 "Бобер"

Тип ТСВП	Снижение затрат относительно традиционных автомобильных вариантов: автозимник / кап. дорога, %								
	25	50	100	25	50	100	25	50	100
Грузопоток, тыс. тонн / год	25	50	100	25	50	100	25	50	100
"Бобер"	63/75	31/48	20/20	63/75	50/55	43/20	58/77	35/56	33/20
"Мул"	47/64	43/58	20/20	65/75	53/59	54/36	67/81	48/64	47/36
"Ямал-150"	-/-	-/-	-/-	41/59	5/20	14/-	57/76	32/53	47/36
Дальность транспортировки, км	20			60			120		

в [6, 11], показывают, что использование в Арктической зоне ТСВП при грузопотоках до 120 тыс т в год экономически эффективнее применения грузового автомобильного транспорта.

Опираясь на данные [6, 11], получены сравнительные количественные оценки эффективности арктических грузоперевозок с использованием ТСВП относительно традиционных для региона вариантов транспортировки грузов автотранспортом: по вновь построенным капитальным автодорогам и автозимникам. Результаты оценок сведены в табл. 2.

Экономический эффект показан в процентах уменьшения требуемой величины приведенных затрат на транспортировку грузов (в единицах измерения: руб./т·км) для трех типов большегрузных ТСВП относительно автомобилей "Вольво-420". Расчеты выполнены отдельно для случая эксплуатации серийного автотранспорта по временной дороге – автозимнику, и для случая эксплуатации по капитальному дорожному полотну, а также в функции величины общего годового грузопотока в тоннах и в функции требуемой дальности транспортировки в километрах. Жирным шрифтом в таблице выделены наиболее эффективные условия эксплуатации ТСВП с точки зрения обеспечения максимального снижения стоимости грузоперевозок.

Как видно из приведенных результатов, при применении большегрузных ТСВП в Арктической зоне величина транспортных издержек может быть снижена на 75...80 % относительно варианта перевозки грузов автомобильным транспортом по специально построенным капитальным дорогам и на 60...65 % – относительно варианта перевозки по автозимникам.

Полученные результаты также дают основание заключить, что использование ТСВП наиболее экономически эффективно в случае относительно небольших грузопотоков – порядка 25 тыс. т в год (вне зависимости от класса грузоподъемности ТСВП). При этом с увеличением грузоподъемности машин растет также и значение величины наиболее для них экономически эффективного транспортного плеча (дальность транспортировки). Применение же наиболее крупного из рассмотренных, ТСВП "Ямал-150" грузоподъемностью 150 т на небольших расстояниях, порядка 20 км, нельзя признать экономически целесообразным для любых объемов грузопотоков из рассмотренного диапазона: 25...100 тыс. т в год.

Завершая анализ сравнительной эффективности грузоперевозок с применением ТСВП в Арктической зоне, необходимо отметить, что в работе [6], опираясь на зарубежный опыт использования большегрузных ТСВП в Арктике, показано, что грузоперевозки на ТСВП могут быть в 5...8 раз дороже по сравнению с перевозкой грузов водным речным транспортом. Однако, учитывая крайне короткий период арктической летней навигации по открытой воде, следует признать, что и в этом случае применение ТСВП обеспечивает существенные преимущества – а именно, дает возможность избежать сезонных авралов и обеспечить круглогодичность, высокие скорости и ритмичность поставок.

Кроме перечисленного, в [12] также особо подчеркивается, что ТСВП являются еще и наиболее экологичным из всех наземных видов транспорта. Данное качество может оказаться крайне важным и определяющим при эксплуатации в природных условиях чрезвычайно ранимых экосистем арктической тундры.

Приведенные технические возможности новых образцов арктических большегрузных ТСВП позволяют эффективно использовать их в самых современных транспортных технологиях при организации перспективных систем транспортного обеспечения в Арктической зоне РФ.

Одной из самых современных технологий оказания транспортных услуг в мире сегодня являются интермодальные контейнерные перевозки. "Интермодальная перевозка – система транспортировки, предполагающая использование двух или более видов транспорта для перевозки одной и той же грузовой единицы в рамках комплексной транспортной цепи [от двери до двери] без перегрузки самого груза при смене вида транспорта" [15] (под грузовой единицей здесь понимается стандартный грузовой контейнер общего назначения). Вся современная концепция развития европейского транспорта строится на интермодальном подходе.

Применение контейнеров позволяет существенно увеличить эффективность мультимодальных (смешанных) грузоперевозок, значительно снизить расходы, связанные с перевалкой, транспортировкой и хранением грузов, обеспечить повышенный уровень сохранности груза. В на-

стоящее время в контейнерах перевозится преимущественная часть всех промышленных и продовольственных товаров в мире: промышленное, машиностроительное, электротехническое, строительное оборудование, бытовая электроника и электротехника, товары народного потребления. Среднемировой уровень контейнеризации составляет в настоящее время порядка 50...60 % от общего объема перевозок сухих грузов. Если же оценивать этот показатель только по генеральным грузам, то в ряде европейских портов контейнеризация уже превышает 90 % [7].

Сегодня в контейнерах в страну поступает большая часть промышленного и продовольственного товарного импорта. На экспорт в контейнерах отправляется целлюлозно-бумажная продукция, цветные металлы, другие товары. В Арктической зоне морские контейнерные перевозки имеют значительные перспективы при реализации северного завоза и при доставке различных обеспечивающих грузов, используемых для освоения арктических месторождений полезных ископаемых. В утвержденном Правительством РФ в 2008 г. документе "Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г." особо подчеркивается важность расширения использования технологий контейнерных перевозок для достижения стратегических целей развития транспортной системы страны [3].

Вопросы перспективности использования в Арктике различных ТСВП для выполнения разноплановых транспортных задач в военной, гражданской областях, по линии МЧС неоднократно рассматривались с участием целого ряда ведущих отечественных и зарубежных экспертов, положительный опыт такого использования существует как в России, так и за рубежом: в США, Канаде, ряде других стран [6, 8, 11, 12, 13, 14]. Однако практическая возможность развертывания в Арктической зоне РФ высокоэффективных транспортных систем для реализации концепции интермодальных грузоперевозок возникла лишь в самые последние годы в связи с появлением в регионе регулярно действующего флота арктических судов-контейнеровозов, а также в связи с разработкой и подготовкой к промышленному производству новых образцов отечественных арктических гражданских большегрузных ТСВП. На базе использования таких транспортных средств в регионе могут быть развернуты новые высокоэффективные транспортные системы.

Учитывая сложность и затратность разработки, промышленного освоения и производства большегрузных ТСВП, для реализации в Арктической зоне новых транспортных систем на их основе могут применяться различные, предусмотренные в [3], формы государственного стимулирования, например: создание за счет государства необходимой региональной транспортной инфраструктуры, государственно-частное партнерство, региональные пилотные проекты, федеральные целевые программы, госзакупки и последующий лизинг новой техники, другие. В результате в Арктической зоне уже в среднесрочной перспективе могут быть созданы новые транспортные системы, для которых будут характерны следующие качества: интермодальность; высокая экономическая эффективность и скорость транспортировки; круглогодичность и ритмичность доставки грузов; минимальные требования к подготовке трасс, техническому обеспечению и инфраструктуре в местах проведения погрузочно-разгрузочных работ, обслуживания и ремонта; экологичность; безопасность эксплуатации.

Литература

1. Проект документа "Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 г." // Официальный Интернет-сайт Министерства Регионального развития Российской Федерации, 2010. URL: www.minregion.ru/upload/02_dtp/101001_str.doc (дата обращения: 02.08.2013).
2. Стратегия развития Арктической зоны РФ и обеспечения национальной безопасности на период до 2020 года (документ утвержден Президентом РФ 08.03.13 № Пр-231) // Официальный Интернет-сайт Министерства Регионального развития Российской Федерации, 2013. URL: http://www.minregion.ru/upload/documents/2013/03/200313/200313_2.doc (дата обращения: 02.08.2013).
3. Основы государственной политики Российской Федерации в Арктике на период до 2020 года и дальнейшую перспективу (документ утвержден Президентом РФ 18.09.2008 № Пр-1969) // Российская газета, 27.03.2009. № 4877.

4. Транспортная инфраструктура России 2010–2030 гг. / Транспортная стратегия Российской Федерации на период до 2030 г. (документ утвержден распоряжением Правительства РФ от 22.11.2008 № 1734-р) // Официальный Интернет-ресурс Министерства транспорта Российской Федерации (Минтранс России): документы, информационные и аналитические материалы, 22.11.2008. URL: http://www.mintrans.ru/documents/detail.php?ELEMENT_ID=13008 (дата обращения: 02.08.2013).
5. Проект федерального закона "Об Арктической зоне Российской Федерации" // Официальный Интернет-сайт Министерства Регионального развития Российской Федерации, 2013. URL: <http://www.minregion.ru/upload/documents/2013/01/310113-pr-fz-1.doc> (дата обращения: 02.08.2013).
6. Абрамовский В.А., Пивоваров Н.И., Цымляков Д.Е., Шляхтенко А.В. Перспективы использования амфибийных судов на воздушной подушке для решения транспортных задач в районах Крайнего Севера // Морской вестник. 2009. № 1. С. 22–27.
7. Мальшева Н. Все в контейнеры // Эксперт. 2008. № 20 (609).
8. Мохов Ю.М. Предложения по созданию транспортной сети на базе скоростных СВП для круглогодичной эксплуатации в северных и восточных районах России // Судостроение. 2012. № 4. С. 35–41.
9. "Норильский никель" завершил формирование собственного арктического флота (пресс-релиз) // Интернет-портал ОАО "ГМК "Норильский никель": пресс-центр, 26.02.2009. URL: <http://www.nornik.ru/press/news/2372/> (дата обращения: 20.06.2013).
10. Суда на воздушной подушке / Каталог товаров // Интернет-портал ОАО "Хабаровский судостроительный завод". URL: <http://217033.ru.all.biz/suda-na-vozdushnoj-podushke-gg1090165> (дата обращения: 02.08.2013).
11. Шляхтенко А.В., Цымляков Д.Е. Сила воздуха // ОСК. Строим флот сильной страны. 2011. № 4 (8). С. 32–37.
12. Отчет о научно-исследовательской работе по теме "Разработка подпрограммы государственной программы Российской Федерации "Экономическое и социальное развитие Арктической зоны Российской Федерации на 2011–2020 г." в Республике Саха (Якутия)" // Официальный Интернет-сайт Администрации Президента и Правительства Республики Саха (Якутия): Государственный комитет по инновационной политике и науке, 04.04.2012. URL: <http://sakhagov.ru/node/65700> (дата обращения: 02.08.2013).
13. Evaluation of Hovercraft for Dispersant Application: Environmental Studies Research Funds Report. Ottawa: DF Dickins Associates Ltd., S.L. Ross Environmental Research Limited and Seakem Oceanography Ltd., No. 095, 1988.
14. Knuth M., Ryerson C., Shoop S. Air Cushion Vehicles in the Arctic: ERDC Report. Hanover: Cold Regions Research and Engineering Laboratory, 2012.
15. Terminology on Combined Transport // UNITED NATIONS: Economic Commission for Europe. New York and Geneva, 2001. 71 pp. URL: <http://www.unece.org/fileadmin/DAM/trans/wp24/documents/term.pdf> (дата обращения: 02.08.2013).

Содержание

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Шкрет Л.Я., Иванов А.В. — Об экономической целесообразности использования газодизельных грузовых АТС 1
АСМ-факты 4

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Марков В.А., Девянин С.Н., Савастенко Э.А., Савастенко А.А. — Отключение цилиндров как способ улучшения топливной экономичности бензиновых двигателей 5
Грабовский А.А., Максяшев И.А. — Экономичные и экологичные варианты формирования крутящего момента в силовых установках комбинированных (гибридных) схем 8
Бердников А.А., Свиридов Е.В. — Математическая модель раздаточной коробки 14
Гудков В.В., Сокол П.А. — Подвеска перспективного современного армейского автомобиля высокой проходимости 16
Мамити Г.И., Плиев С.Х., Гутиев Э.К., Васильев В.Г. — О высоте вертикального препятствия, преодолеваемого полноприводным автомобилем 17

ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Давыдов В.П., Липатников А.Г., Григорьев В.Н. — Обучающие аппаратно-программные комплексы как инструмент качества подготовки специалиста по эксплуатации и ремонту автомобильной техники Менухова Т.А. — Методика определения технико-эксплуатационных показателей работы подвижного состава на междугородных и международных маршрутах 22
Елистратов В.В., Безруков С.И., Стенин П.Г. — Системы предупреждения столкновений АТС 25

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Леонов С.А. — Технология изготовления полимерных пустотелых деталей автомобилей 29
Коптилов В.И. — Окружные силы ведущих колес автомобиля и силы тяги 32
Кристалный С.Р., Задворнов В.Н., Попов Н.В., Фомичёв В.А. — Легковой автомобиль — шинный тестер 34

ИНФОРМАЦИЯ

Дубин А.Е., Нестеров В.Е. — Перспективы использования большегрузных амфибийных транспортных средств на воздушной подушке для организации систем интермодальных контейнерных перевозок в арктической зоне России 37

Главный редактор Н.А. ПУГИН

Зам. главного редактора Р.В. Козырев

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И.В. Балабин — д-р техн. наук, С.В. Бахмутов — д-р техн. наук, О.И. Гируцкий — д-р техн. наук, В.И. Гладков — канд. техн. наук, М.А. Григорьев — д-р техн. наук, А.С. Ковригин, С.М. Круглов — канд. техн. наук, Ю.А. Купеев — д-р техн. наук, Г.И. Мамити — д-р техн. наук, В.А. Марков — д-р техн. наук, А.В. Николаенко — д-р экон. наук, Э.Н. Никульников — канд. техн. наук, В.И. Пашков, В.А. Сеин, Н.Т. Сорокин — д-р экон. наук, А.И. Титков — канд. техн. наук, В.Н. Филимонов (ответственный секретарь)

Белорусский региональный редакционный совет:

В.Б. Альгин (зам. председателя), А.Н. Егоров, Ан.М. Захарик, Г.М. Кухаренко, П.Л. Мариев, Ю.И. Николаев, И.С. Сазонов, С.В. Харитончик

Технический редактор Жиркина С.А.

Корректоры: Сажина Л.И., Сонюшкина Л.Е.

Сдано в набор 31.10.2013. Подписано в печать 26.12.2013.

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

Отпечатано в ООО "Белый ветер".

115407, г. Москва, Нагатинская наб., д. 54, пом. 4.

ООО "Издательство Машиностроение"

Адрес издательства и редакции:

107076, Москва, Стромьинский пер., 4

Телефоны: (915) 412-52-56, (499) 269-54-98

E-mail: avtoprom@aport.ru, avtoprom@mashin.ru

www.mashin.ru www.avtomashin.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.