Журнал выходит при информационной поддержке АМО ЗИЛ, ОАО "КАМАЗ", ОАО "МАЗ", УП "МЗКТ", АЗ "Урал"

Учредитель
Открытое акционерное московское общество "Завод имени И. А. Лихачева" (АМО ЗИЛ)

Главный редактор
генеральный директор
Управляющей организации АМО ЗИЛ
К. В. Лаптев

Зам. главного редактора
И. А. Хороманская

Редакционный совет

Д. Х. Валеев, М. С. Высоцкий, В. А. Зорин, Н. А. Иващенко, Л. Г. Красневский, В. В. Корсаков, А. С. Кузнецов, В. Г. Мазепа, В. А. Марков, В. Ф. Платонов, Г. Н. Рейзина, Е. Л. Рыбин, Г. А. Синеговский, А. Ф. Синельников, В. С. Устименко, Х. А. Фасхиев

Корпункты:
в Республике Беларусь (г. Минск), Я. Е. Карповский
Тел.: (10-375-17), 246-10-33, 217-90-38
в Украине (г. Харьков), В. Г. Дьяченко
Тел. (10-380-572) 707-68-48

Журнал зарегистрирован в Министерстве РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций. Свидетельство о регистрации ПИ № 77-3346 от 10 мая 2000 г.

Адрес редакции
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Тел. (499) 269-49-97
E-mail: grouzovik@mashin.ru
http://www.mashin.ru

Адрес издательства
107076, Москва, Стромынский пер., 4
Тел. (499) 268-38-58

Подписной индекс
по каталогу "Роспечать" 72145,
по объединенному каталогу "Пресса России" 41302,
по каталогу "Почта России" 60262

© ООО "Издательство Машиностроение", "Грузовик &", 2009
Перепечатка материалов из журнала "Грузовик &" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией журнала. При перепечатке материалов ссылка на журнал "Грузовик &" обязательна.

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель.

В НОМЕРЕ

Грузовик & с приложением

Ежемесячный научно-технический и производственный журнал
Выпускается с 1996 г.

Конструкция

2 *Карманов К. Н.* Троллейбус ЛИАЗ 5280

5 *Захарик Ю. М., Захарик Ан. М.* Система GSC управления агрегатами автомобиля

10 *Лебедев С. А.* Выбираем химический источник тока

15 *Захарик Ю. М., Захарик Ан. М., Захарик Ал. М.* Исполнительные механизмы систем автоматического управления механическими трансмиссиями

25 *Ролдугин А. Л.* Формализация требований к звуковым сигнализаторам автомобильных контрольно-диагностических систем

27 *Ролдугин А. Л., Поляков Н. А.* Методы выбора дисплеев (индикаторов) для автомобильных бортовых систем

Эксплуатация. Ремонт

31 *Копотилов В. И.* Энергетический КПД автотранспортных средств

Исследование. Расчет

35 *Гурский Н. Н., Захарик Ан. М., Захарик Ал. М.* Моделирование колебаний колесных машин

Проектирование

38 *Ролдугин А. Л., Поляков Е. А.* Критерии выбора аппаратных и программных средств бортовой электросистемы контроля и диагностирования автомобиля

Экономика

41 *Фасхиев Х. А.* Обоснование экономической эффективности освоения производства комплектующих изделий

Экология

46 *Марков В. А., Девянин С. Н., Шустер А. Ю.* Использование подсолнечного масла в качестве топлива для дизелей

Испытания

57 *Лебедев С. А., Антипенко В. С., Антипенко С. В.* Мобильный комплекс для испытания систем электростартерного пуска

Информация

60 *Козловский В. Н., Малеев Р. А.* Современные методы компьютерного моделирования электрооборудования автомобилей

63 *Contents*

Журнал входит в перечень утвержденных ВАК РФ изданий для публикации трудов соискателей ученых степеней

4 '2009 (№ 153)

УДК 629. 113.62
К. Н. Карманов,
Оренбургский государственный университет

Троллейбус ЛИАЗ 5280

Сегодня несмотря на сокращение в 90-х годах прошлого столетия такого вида общественного транспорта, как троллейбус, вновь растет интерес к этому виду электротранспорта. ЛИАЗ приступил к созданию современного образца городского троллейбуса нового поколения.

Ключевые слова: *троллейбус, транспорт, пассажир, город, экология, производство, унификация, безопасность, экономия, инфрраструктура.*

В 70-е годы прошлого столетия считали, что автобус решит проблемы городских пассажирских перевозок. Его достоинствами должны быть высокая мобильность, динамичность, маневренность, простота управления и хорошие экономические и экологические показатели. Однако время показало, что несмотря на всю привлекательность автобуса, ему свойственны и существенные недостатки, преодолеть которые и с течением продолжительного времени непросто, а часто и просто невозможно.

До настоящего времени так и не решена проблема организации региональных автобусных производств, а соответственно не улучшено качество автобусных пассажирских перевозок. Троллейбус же оставался и остается единственным видом транспорта, выдержавшим испытание временем. Его экологичность признают как сторонники, так и его противники, а в масштабах страны, даже такого города как Оренбург — это особенно важно.

Единственный производитель троллейбусов в стране — завод имени Урицкого (ОАО "Тролза") не в состоянии выполнить запросы такой огромной страны как Россия. Поэтому необходимо взвалить груз ответственности не только на мелких региональных производителей, но и на бывшие крупные производства, специализирующиеся на выпуске городского пассажирского транспорта, — ЛИАЗ и ПАЗ.

Свою деятельность Ликинский автобусный завод начал в 1937 г. как завод по переработке древесины. В 1944 г. завод, получив название Ликинский машиностроительный ("ЛиМЗ"), был реконструирован и стал специализироваться на выпуске машин и механизмов для деревообрабатывающей промышленности. Более масштабная реконструкция предприятия, нацеленная на выпуск городских автобусов, началась в 1958 г.

Троллейбус ЛИАЗ 5280

В 1959 г. за ворота предприятия выехал первый ликинский автобус ЗИЛ-158, предприятие стало называться Ликинский автобусный завод.

В 1962 г. автобус ЗИЛ-158 модернизировали и выпускали вплоть до 1970 г. Одновременно велась работа по созданию новой городской машины большой вместимости. Ею стал автобус ЛИАЗ-677. Модель выпускалась более 30 лет. С начала ее выпуска по 1994 г. изготовлено 194 300 автобусов различных модификаций: городские, пригородные, экскурсионные, северные и т. д.

Эпоха рыночных преобразований не прошла стороной и Ликинский автобусный завод, однако именно в это время с нового конвейера сошел первый автобус ЛИАЗ-5256.

Сегодня Ликинский автобусный завод производит около 50 модификаций автобусов. Одним из новых направлений деятельности завода является производство троллейбусов на базе кузовов ЛИАЗ-5256, ЛИАЗ-5292, ЛИАЗ-5293.

В конструкциях нового троллейбуса и серийных автобусов "ЛИАЗ" много общего: те же, что и у автобуса кузов и шасси. Например, основание кузова — лонжеронного типа, из профилей открытого сечения, что облегчает техническое обслуживание, обеспечивает высокую коррозионную стойкость элементов. Обшивка — листовая сталь; передняя панель, кожухи колесных ниш и подножки дверей обшиты стеклопластиком; внутренняя облицовка — из листов с пластиковым покрытием и слоистого пластика; поручни — из стальных труб, покрытых пластиковой пленкой.

Кузов трехдверный, с панорамными передними стеклами. Двери двухстворчатые, с электропневматическим приводом. Агрегаты и узлы ходовой части троллейбуса в основном заимствованы от других транспортных средств. Все троллейбусы комплектуются троллейбусными ведущими мостами фирмы Raba (Венгрия), ресурс которых с учетом особенностей российских дорог составляет 600 тыс. км. Унифицированная агрегатная база автобусов и троллейбусов позволяет снижать эксплуатационные издержки транспортных организаций.

Обе подвески троллейбуса пневматические, оснащены стабилизаторами устойчивости.

Очень рационально скомпонован салон (усовершенствованы вход-выход через переднюю дверь, предусмотрены накопительные площадки у средней и задней дверей), повышен уровень комфортности: троллейбус имеет хорошую плавность хода (например рывков при трогании с места и торможении нет), усовершенствованы системы вентиляции и отопления, а также информационного обслуживания. Большое внимание уделено и средствам снижения внутреннего уровня шума и вибраций.

Достаточно удачно решены на троллейбусе и проблемы безопасности. Его рабочая тормозная система двухконтурная, пневматическая; в конструкцию введена специальная система, постоянно контролирующая силу тока утечки и обесточивающая троллейбус в случае ее приближения к установленным пороговым значениям; все высоковольтные элементы оборудования вынесены из кабины, кабели тщательно изолированы; предусмотрены наружные кнопки открывания дверей; есть аварийно-вентиляционные люки; запасной тормоз — стояночная тормозная система; стояночный тормоз — тормозные механизмы задних колес с приводом от тормозных камер с энергоаккумуляторами (фирмы Knorr Bremze).

Привлекает троллейбус и другими потребительскими свойствами. Например, внедрение электронных систем управления на IGBT-транзисторах на низкопольных троллейбусах ЛИАЗ 52802, 52803 позволяет экономить до 30 % электрической энергии, обеспечивает бесшумность переключения передач, плавность хода, возможность возврата электроэнергии в контактную сеть. Это видно и из технических характеристик троллейбусов, представленных в таблице.

Троллейбусы производства Ликинского автобусного завода на сегодняшний день отвечают современным требованиям по технической оснащенности, экономичности и комфорту. Это новое поколение троллейбусов позволит сделать городской пассажирский транспорт не только экологичным и экономичным, но и удобным для городской инфраструктуры и пассажиров.

Таблица

Технические характеристики троллейбусов

Наименование	Модель		
	ЛИАЗ 5280	ЛИАЗ 52802	ЛИАЗ 52803
2	3	4	5
Тип кузова	Несущий, вагонной компоновки	Несущий, вагонной компоновки	Несущий, вагонной компоновки
Ресурс кузова, число лет	12	12	12
Колесная формула	4 × 2(задние)	4 × 2(задние)	4 × 2(задние)
Габаритные размеры (длина, ширина, высота), мм	11 800/2500/3470	12 400/2500/3270	11 800/2500/3470
База, мм	5840	5960	5840
Число и ширина дверей, мм	3/1282	3/1282	3/1282
Общее число мест, в том числе посадочных	110/23 + 1	106/24 + 1	100/25 + 1
Колея передних/задних колес, мм	2050/1840	2101/1826	2101/1840
Масса снаряженного троллейбуса/полная, кг	10 3000/17 780	10 440/18 000	10 560/17 540
Ведущий мост	Raba A 718.20-3300	Raba A TPR19-97-VT	Raba A 718.20-3300
Нагрузка на переднюю/заднюю ось, кгс	7250/10 530	6500/11 500	6040/11 500
Рулевой механизм	С рулевым гидроусилителем	Csepel A-500.73 с рулевым гидроусилителем	Csepel A-500.73 с рулевым гидроусилителем
Двигатель (1-й вариант комплектации)	ДК-213, ЭК-213	ДК-213, ЭК-213	ДК-213, ЭК-213
Номинальная мощность двигателя, кВт	115	115	115
Тяговый двигатель (2-й вариант комплектации)	—	Переменного тока с асинхронным тяговым двигателем	Переменного тока с асинхронным тяговым двигателем
Номинальная мощность двигателя, кВт	—	180	180
Номинальное напряжение, В	600	600	600
Максимальная частота вращения, мин$^{-1}$	3900	3900	3900
Система управления	Реостатно-контакторная	Электронная	Реостатно-контакторная
Тормозная система:			
основной тормоз	Двухконтурный, пневматический	Двухконтурный, пневматический	Двухконтурный, пневматический
запасной тормоз	Стояночная тормозная система	Стояночная тормозная система	Стояночная тормозная система
стояночный тормоз	Тормозные механизмы задних колес с приводом от тормозных камер с энергоаккумуляторами	—	—

УДК 629.113-585

Ю. М. Захарик, д-р техн. наук,
Ан. М. Захарик, канд. техн. наук, доц., МАЗ

Система GSC управления агрегатами автомобиля

Изложена структура системы GSC. Описаны основные функции, реализуемые системой управления. Рассмотрена экономическая целесообразность внедрения разработанной системы.

Ключевые слова: *автомобиль, агрегат, водитель, датчик, двигатель, информация, исследование, оборудование, подвеска, программа, процессор, режим, система, структура, функция.*

Введение. С целью повышения конкурентоспособности ведущие автомобилестроительные компании поставляют автотранспортные средства с внедренными инновационными технологиями, обеспечивающими повышение надежности, снижение материалоемкости агрегатов, улучшение качества управления ими, повышение уровня алгоритмических и схемотехнических решений. Бурное развитие получила элементная база систем электронного управления, что в свою очередь опередило возможность качественного и количественного наращивания функций управления автоматических систем, минимизирующих человеческий фактор в управлении автомобилем. С учетом одновременного падения стоимости элементной базы появилась возможность оснащать многофункциональными электронными системами не только концепткары и топверсии модельного ряда, но и серийные автомобили.

Структура системы. Авторами разработана электронная система управления агрегатами автомобиля GSC (Global System OF Car), оснащенного бортовым цифровым управляющим комплексом. Элементная база системы управления является интегральной и корреспондируется с опциями аналогового управления. Центральный процессор, координирующий работу системы управления, имеет сопроцессоры, принимающие решения и формирующие команды управления на уровне подсистем. Интегральный интерфейс обеспечивает информационную поддержку системы. Устройства сопряжения преобразовывают управляющие воздействия к требуемому виду и передают их исполнительным механизмам. Звуковые и визуальные индикаторные устройства доводят текущую и служебную информацию непосредственно до водителя. Исполнительные механизмы электрического или электро-гидро-пневматического типа непосредственно реализуют заложенные функции управления. Система реализует комплексный алгоритм, представляющий собой совокупность частных алгоритмов, функционально связанных между собой и реализующих единую задачу через центральный процессор с требуемыми быстродействием и точностью.

Функции системы. Система облегчает пуск холодного двигателя. При температуре ниже 0 °С окружающей среды и включенном сцеплении для вращения валов коробки передач требуется значительный момент. Поэтому на указанном режиме пуск двигателя производится с выключенным сцеплением.

Алгоритм управления SP (Start Point) предусматривает коррекцию момента начала включения сцепления в зависимости от температуры двигателя при трогании автомобиля с места. При недостаточно прогретом двигателе система управления обеспечивает передачу сцеплением момента после предварительного увеличения угловой скорости коленчатого вала двигателя на заданную величину. Это исключает возможность появления толчков и остановки двигателя в момент трогания автомобиля с места.

Система реализует поддержание угловой скорости коленчатого вала близкой к угловой скорости на режиме холостого хода двигателя при штатном трогании и максимальный момент двигателя при трогании автомобиля с места с высокой интенсивностью. В первом случае в качестве задающего воздействия используется перемещение педали управления двигателем, во втором — угловая скорость коленчатого вала двигателя.

В системе предусмотрена реализация алгоритма трогания с места на подъемах CMU (Control of Moving

Uphill), когда возможно скатывание автомобиля. Для предотвращения этого явления на автоматическую систему в данном режиме возложена функция управления темпом снижения давления в тормозной системе при одновременном увеличении передаваемого сцеплением момента.

В системе управления предусмотрена функция исключения возможности некорректного использования системы. Данный режим может возникнуть при относительно длительном удержании автомобиля на подъеме за счет пробуксовки сцепления без использования водителем тормозной системы. В этом случае значительно возрастают работа и мощность буксования сцепления, что приводит к увеличению температурной нагруженности элементов сцепления, их ускоренному износу и преждевременному выходу из строя сцепления.

Для предотвращения возникновения рассматриваемого режима разработан алгоритм AWS (Anti Wear System), исключающий возможность некорректного использования системы автоматического управления. Система проверяет состояние педали управления. В случае, если водителю требуется остановить автомобиль и он отпустил педаль, система выключает сцепление и увеличивает тормозной момент до тех пор, пока скорость автомобиля станет равной нулю. В результате автомобиль удерживается на подъеме за счет тормозного момента при полностью выключенном сцеплении.

Система автоматического управления кроме организации совместной работы двигателя и сцепления при трогании автомобиля с места обеспечивает реализацию алгоритма TC (Traction Control) плавного увеличения тягового момента в процессе переключения передач. Сопроцессор оценивает режим движения автомобиля и рассчитывает моменты переключения, номер включаемой передачи, а также темп изменения момента.

Система минимизирует гистерезис $\Delta\omega_0$ переключения передач при интенсивном разгоне автомобиля. Увеличение значения $\Delta\omega_0$ эквивалентно возрастанию времени после момента, определяемого пересечением кривых ускорений на смежных передачах. Ускорение на смежной низшей передаче после указанного пересечения кривых ниже ускорения на смежной высшей передаче, и разгон автомобиля осуществляется при меньших значениях его ускорения, что снижает интенсивность и длительность разгона. Кроме того, при работе двигателей различных типов по внешней характеристике или близко к ней расположенным частичным характеристикам моменты переключения на смежную передачу определяются характером изменения кривых начального и конечного участков внешней характеристики, а также требуемым значением приращения момента двигателя из условия необходимости преодоления максимально возможного сопротивления или реализации требуемых тягово-скоростных свойств автомобиля.

В случае увеличения пробуксовки ведущих колес или возникновения угрозы опрокидывания автомобиля системный алгоритм CS (Control Of Sliding) перераспределяет тяговое усилие между ведущими колесами различных осей путем формирования управляющих воздействий на двигатель, сцепление и тормозные механизмы и реализует управление соответственно моментом двигателя, моментом сцепления и тормозным моментом, а также комбинированное управление моментом двигателя и тормозным моментом или моментом сцепления и тормозным моментом, регулирует тормозной момент и момент двигателя. В результате восстанавливается стабильность движения автопоезда, который надежно удерживается на дороге.

Система взаимодействует с программой EC (Engine Control) управления двигателем, обеспечивающей снижение содержания вредных примесей в отработавших газах, уровня шума, дымности и вибрации двигателя за счет регулирования количества впрыскиваемого топлива, момента начала его впрыска, угловой скорости коленчатого вала двигателя в режиме холостого хода на основе сигналов датчиков информационной системы.

В таблице дан перечень компонентов системы управления двигателями, функционирующих в рамках системы управления агрегатами автомобилей, соответствующих экологическим нормам Евро-3, Евро-4, Евро-5. Нормы изложены в Правилах ЕЭК ООН 24, 49, 51, 83, а также в Директивах ЕС 88/77, 1999/99, 1999/101, 2001/27, 2002/80, 2003/76, 2005/21, 2005/55, 2005/76, 2006/81, 2007/34. Для обеспечения требований перечисленных нормативных документов системы управления двигателями реализуют следующие функции: регулирование холостого хода, формирование скоростных характеристик двигателя, отключение подачи топлива в цилиндры двигателя, определение количества подаваемого в цилиндры топлива и его коррекция, управление предварительным впрыском и моментом начала подачи.

Из приведенной в таблице информации следует, что регулирование величины подачи топлива Q в цилиндры двигателя осуществляется на основе сформированного управляющего воздействия путем изменения в реальном режиме времени длительности импульса t_0—t_4 (рис. 1), которая при необходимости корректируется в зависимости от температуры двигателя, уровня его вибраций, дымности и т. д. В свою очередь структура и параметры сформированного управляющего воздействия определяются алгоритмами и законами управления тяговыми режимами, обеспечивающими требуемые тягово-скоростные свойства автомобилей. При функционировании систем автоматического управления агрегатами автомобилей, соответствующих нормам Евро-1 и Евро-2, управляющее воздействие также формируется на основе алгоритмов и законов управ-

Таблица

Перечень компонентов систем управления двигателями автомобилей, соответствующих экологическим нормам Евро-3, Евро-4, Евро-5

Компоненты систем управления двигателем	Функции управления систем	Датчики систем
Форсунки Насос-форсунки Индивидуальные ТНВД Электрический топливный насос Аккумулятор высокого давления Регулятор давления воздуха во впускном трубопроводе Привод моторного тормоза Исполнительный механизм системы регулирования рециркуляции выпускных газов Регулятор продолжительности включения пусковых свечей накаливания Привод вентилятора Электромагнитные клапаны компонентов систем Сопроцессор управления двигателем Усилитель мощности Выходные и входные разъемы системы Разъем шины CAN Разъем шины диагностики СТК Разъем питания	Преобразование сигналов датчиков к виду, удобному для работы процессора Регулирование холостого хода (поддержание минимально устойчивой угловой скорости коленчатого вала независимо от температуры двигателя и количества включенных потребителей энергии) Формирование управляющего воздействия на основе алгоритмов и законов управления Регулирование угловой скорости коленчатого вала двигателя, соответствующей прекращению подачи топлива Формирование скоростных характеристик двигателя Отключение подачи топлива в цилиндры двигателя Расчет продолжительности подачи топлива Регулирование величины подачи топлива (длительности импульса подачи топлива в цилиндра) на основе сформированного управляющего воздействия (рис. 1) Коррекция длительности импульса подачи топлива в цилиндры двигателя Определение момента начала подачи топлива и его коррекция Управление предварительным впрыскиванием Диагностика системы двигателя Управление предпусковым подогревателем	Датчик перемещения педали управления автоматической системой Датчик угловой скорости коленчатого вала двигателя Датчик угловой скорости распределительного вала двигателя Датчик угловой скорости вала турбонагнетателя Датчик давления топлива в аккумуляторе высокого давления Датчик давления воздуха во впускном трубопроводе Датчик атмосферного давления Датчик температуры наддувочного воздуха Датчик температуры охлаждающей жидкости Датчик температуры топлива Датчик массового расхода воздуха

ления, но в отличие от автоматических систем автомобилей и удовлетворяющих нормам Евро-3, Евро-4, Евро-5, подается на исполнительный механизм управления рычагом регулятора или рейкой топливного насоса двигателя.

Система в режиме непрерывного регулирования изменяет жесткость и демпфирующие свойства подвески, вследствие чего обеспечивается оптимальное положение кузова автомобиля по высоте относительно дорожного покрытия даже в случае неравномерного распределения массы автомобиля в различных дорожных условиях, в том числе при прохождении поворотов, а также адаптируется к состоянию дорожного покрытия. За водителем остается функция выбора желаемого темпа езды, например, спортивного, при котором уменьшается дорожный просвет автомобиля, и параметры подвески становятся жестче. Кроме того, данная функция исключает "клевок" и оседание при резком торможении или интенсивном трогании автомобиля с места, а также позволяет избежать опрокидывание автомобиля при поперечном и боковом раскачивании.

Датчики системы сканируют пространство до автомобиля, идущего впереди, с одновременной регистрацией его скорости. Полученное расстояние сравнивается с расчетным, которое в свою очередь зависит от скорости движения автомобилей. В случае превышения последнего, а точнее определенного порога разности расстояний, формиру-

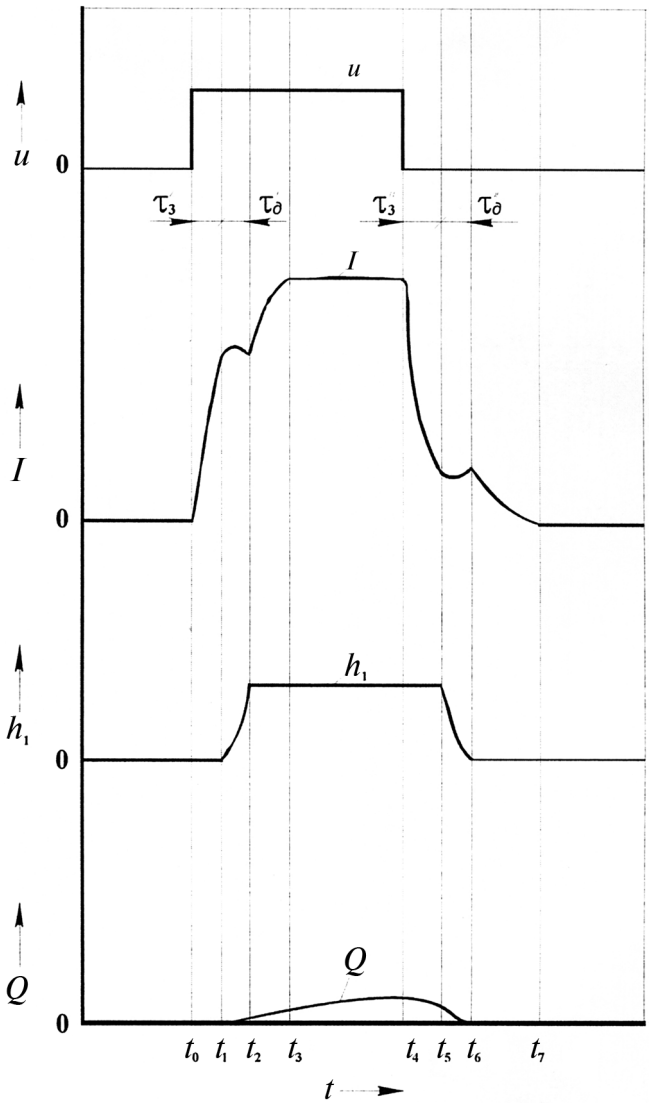


Рис. 1. Типовые диаграммы управления рабочим процессом двигателя:

I, h_1 — ток и перемещение клапана дозатора; Q — подача топлива; u — управляющее воздействие двигателя; τ_3 — время запаздывания; $\tau_д$ — длительность импульса

ется сигнал на увеличение дистанции до впереди идущего автомобиля и наоборот. Водителю отводится роль невмешательства, если он согласен с действиями электронной системы. Актуальность данной функции повышается при движении автомобиля в условиях недостаточной видимости (дождь, туман и т. д.). Система также сканирует пространство до автомобиля, идущего сзади, с целью избежания столкновения с ним при экстренном торможении, если возникла "резервная" дистанция до впереди идущего автомобиля.

При активизации парковки в автоматическом режиме (Automative Parking) система сообщает водителю о наличии потенциального парковочного пространства с осуществлением последующего маневрирования автомобиля задним и передним ходом. При парковке в ручном режиме (Manual Parking) система информирует водителя о пространстве вокруг автомобиля. Информация выводится на дисплей. В случае аварийного сближения с препятствием включается акустическая сигнализация, предупреждающая водителя о препятствии.

Система в режиме реального времени осуществляет обмен информацией интерфейса системы автомобиля и предприятия-изготовителя, диспетчерских и сервисных станций. Формат системы GSC является универсальным и обеспечивает совместимость управляющих информационных систем и связь между всеми участниками. Система предусматривает также работу отдельных ее участников в автономном режиме. Фактически при активации данной функции предприятия-изготовители, диспетчерские и сервисные станции постоянно наблюдают за автомобилем и в случае экстренной необходимости могут передать водителю сообщение на монитор либо другой информационный канал.

Завод-изготовитель посредством спутниковых каналов может вносить коррекции в параметры настройки системы в зависимости от износа агрегатов конкретного автомобиля в период его эксплуатации, а также осуществлять up grade системы. Сервисные станции, в свою очередь, по мере получения информации, представляют заводу-изготовителю статистические данные об отказах и неисправностях с целью их последующего учета при модернизации агрегатов автомобилей. По желанию водителей возможен непосредственный обмен информацией между участниками дорожного движения, а также организация движения в колонне (автоматическое регулирование расстояния до впереди идущего автомобиля).

Реализованные функции не разрознены, а взаимосвязаны и системно организованы. Конфигурация системы предусматривает обязательный перечень опций, обеспечивающих безопасность и эксплутационные свойства автомобиля, охрану окружающей среды и эргономику. Перечень дополнительных опций определяется заказчиком (покупателем). При этом иерархия построения системы обеспечивает при равных условиях приоритет водителя: команды водителя во всех случаях безусловно выполняются по отношению к сформированным управляющим воздействиям системы. Кроме того, статус опций безопасности выше статуса дополнительных опций.

При работе системы водитель не отвлекается во время движения на дополнительные манипуляции для управления агрегатами автомобиля, концентрируя свое внимание на более полном восприятии дорожной информации и принятии упреждающих действий при ее изменении. Поэтому оборудование автомобилей разработанной системой следует рассматривать как опцию, позволяющую повысить безопасность эксплуатации автотранспортных средств.

Задающие воздействия системы. Поведение системы существенным образом зависит от характера изме-

нения во времени задающего воздействия. Водитель, оценивая дорожную обстановку, исходя из своего опыта принимает решение об изменении задающего воздействия путем изменения положения педали управления. Поэтому реальное изменение задающего воздействия заранее не известно и представляет собой случайную функцию во времени. На основании экспериментально полученных данных и проведенной систематизации осциллограмм выделены наиболее вероятные режимы движения автомобиля, на которые необходимо ориентироваться при решении задачи разработки системы.

В общем виде входная информация системы может быть представлена l-мерным вектором задающих воздействий $G = (g_1, ..., g_l)$ при следующих воздействиях.

Ступенчатое воздействие:

$$g(t) = g_0 l(t), \quad (1)$$

где g_0 — максимальное значение воздействия, $l(t)$ — единичная ступенчатая функция:

$$l(t) = \begin{cases} 0 \text{ если } t < 0 \\ 1 \text{ если } t \geqslant 0. \end{cases}$$

Линейное воздействие:

$$g(t) = \kappa t l(t), \quad (2)$$

где k — коэффициент, определяющий интенсивность изменения задающего воздействия.

Нелинейное воздействие:

$$g(t) = l(t) \sum_{i=0}^{n} g_i t^i, \quad (3)$$

$$g(t) = g_0(1 - \exp(-\kappa t)) l(t). \quad (4)$$

Воздействия типа "сброса нагрузки" (при $g_1 > g_2$) и "наброса нагрузки" (при $g_2 > g_1$):

$$g(t) = \begin{cases} g_1 \text{ при } 0 \leqslant t \leqslant t_1 \\ g_2 \text{ при } t > t_1, \end{cases} \quad (5)$$

где g_1, g_2 — промежуточные уровни задающего воздействия.

Кроме того, использованы гармонические типовые воздействия, а также периодические воздействия в виде прямоугольных и треугольных импульсов.

В режимах парковки, штатного трогания и трогания автомобиля с места с высокой интенсивностью задающее воздействие изменяется по зависимостям, близким к экспоненциальным, отличающимся коэффициентом, определяющим интенсивность изменения задающего воздействия. В режиме парковки в тот или иной момент изменяющегося задаваемого водителем воздействия дополнительно может

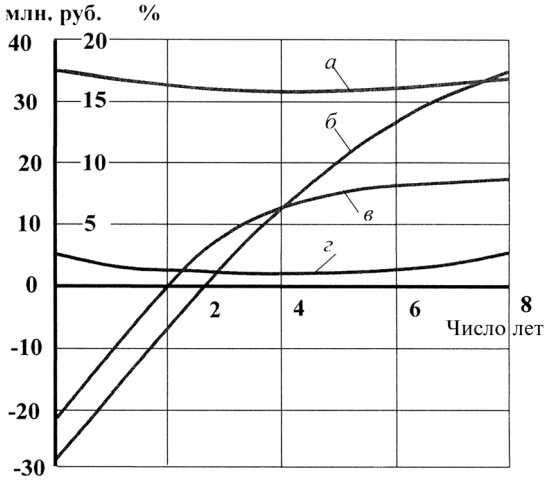


Рис. 2. Окупаемость (б, в) и рентабельность (а, г) автомобилей:

а, б — оборудованных системой автоматики; в, г — не оборудованных этой системой

быть задан режим выдержки, при котором изменение задающего воздействия в течение определенного периода времени не происходит $\left(\frac{dg}{dt} = 0\right)$. Данный режим наблюдается при маневрировании автомобиля, подъезде его к препятствию и должен быть реализован системой.

Аспекты внедрения системы. Для внедрения системы определены требования к ней, разработан алгоритм управления узлами и агрегатами, проведен комплекс работ по динамическому моделированию переходных процессов в системе, выбрана элементная база компонентов системы, испытаны опытные образцы в дорожных условиях, определена функциональная работоспособность системы. На основе полученных данных уточнены алгоритмы работы системы.

На рис. 2 показаны окупаемость и рентабельность автомобилей, оборудованных и необорудованных системой автоматики. При сравнительно более высокой начальной стоимости автомобиль, оборудованный системой GSC, имеет более высокую окупаемость по сравнению с автомобилем, не оборудованным системой автоматики. Стоимость автомобилей, не оборудованных системой, ниже при покупке, но в результате они оказываются значительно дороже в эксплуатации и имеют более низкую рентабельность.

ЛИТЕРАТУРА

Захарик, Ю. М. Система MPS автоматизации управления тяговыми режимами движения автомобилей [Текст] / Ю. М. Захарик // Грузовик&. — 2006. — № 8. — С. 2—7.

С. А. Лебедев,
канд. техн. наук,
Рязанский военный автомобильный институт

Выбираем химический источник тока

Рассмотрена проблема выбора химического источника тока. Дана классификация основных химических источников тока, рассмотрены режимы работы и основные характеристики источников тока. Предложен порядок выбора источника тока для конкретного объекта применения, указаны преимущества и недостатки химических источников тока разных электрохимических систем.

Ключевые слова: *химические источники тока, аккумулятор, классификация, основные параметры, сравнительная оценка.*

Химические источники тока (ХИТ) используются в качестве автономных источников электропитания во всех областях военной техники. Разработаны и промышленно выпускаются источники тока нескольких электрохимических систем, которые обеспечивают большое разнообразие возможностей использования и эффективную работу в широком диапазоне условий эксплуатации. Они производятся в разном конструктивном исполнении и в широком диапазоне емкостей.

Выбор источника тока для конкретного объекта применения определяется уровнем требований, предъявляемых к системам и приборам, режимами и условиями их эксплуатации. При этом должны быть рассмотрены как технические (электрические и эксплуатационные) характеристики ХИТ, так и экономическая целесообразность их использования на конкретных объектах техники для обеспечения работоспособности систем и приборов в течение всего срока эксплуатации. Следует помнить также, что для военной техники определяющим является и конструкция объектов, в значительной мере задающая выбор источника питания по его габаритным размерам и конфигурации.

Для решения проблемы выбора оптимального ХИТ для определенных групп объектов необходимо иметь четкое представление об основных принципах их работы и характеристиках.

Химический источник тока — устройство, в котором химическая энергия активных веществ непосредственно превращается в электрическую энергию [1].

В основе любого ХИТ лежит электрохимическая система вида

(–) восстановитель | электролит | окислитель (+).

Классификация химических источников тока. Генерирование тока происходит при замыкании внешней цепи на нагрузку в результате одновременного протекания на электродах электрохимических реакций: электроокислительной с освобождением электронов и электровосстановительной с поглощением их.

Работоспособных электрохимических систем много. Однако для практических целей их реализовано ограниченное количество. Подробную информацию об основах теории и работы ХИТ различных систем можно найти в различных литературных источниках [1—8].

В реализованных ХИТ используются электрохимические системы как с обратимыми, так и необратимыми электрохимическими реакциями.

Исторически сложилось деление всех ХИТ на три большие группы:

— первичные источники тока (элементы и первичные батареи);

— топливные элементы и электрохимические генераторы;

— вторичные источники тока (аккумуляторы и аккумуляторные батареи).

Первичным химическим источником тока, или *элементом* называется источник тока, если хотя бы на одном электроде окислительно-восстановительный процесс протекает необратимо. Первичные элементы и батареи предназначены для одноразового непрерывного или прерывистого разряда до полного исчерпания запаса реагентов, участвующих в суммарной токообразующей реакции.

Топливные элементы имеют характерные особенности первичных элементов — в них, как правило, используют необратимые электрохимические системы, которые подвергают непрерывному или прерывистому разряду. Однако топливные элементы, а также топливные батареи, которые называют *электрохимическими генераторами*, настолько специфичны по устройству и принципу действия, что их традиционно выделяют в отдельную группу.

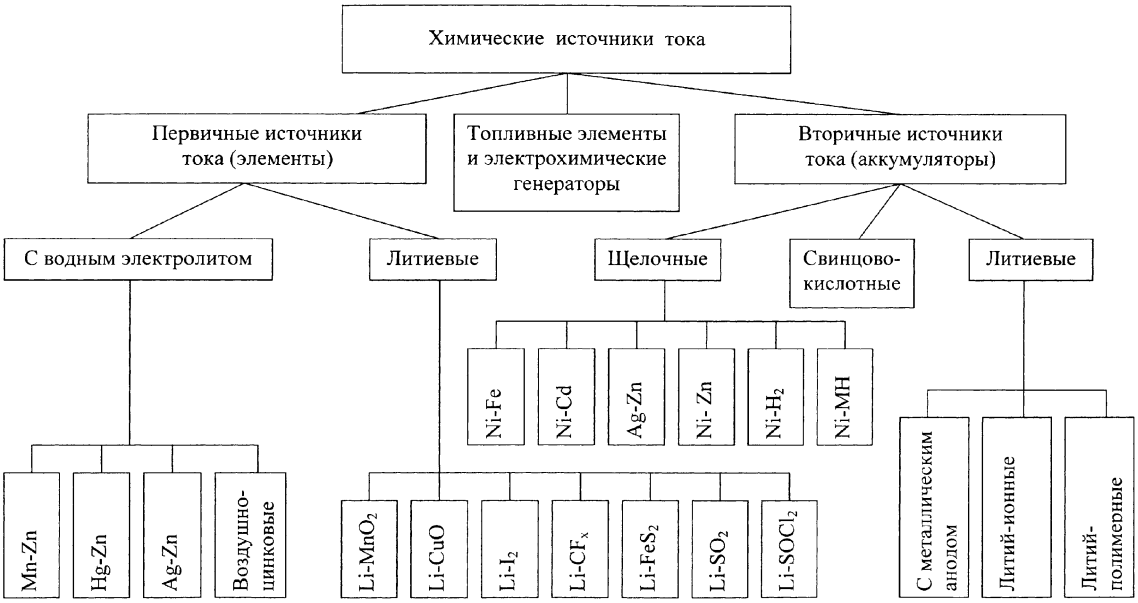


Рис. 1. Классификация химических источников тока

В отличие от первичных элементов в них активные вещества поступают в зоны токообразующих реакций извне.

Вторичные химические источники тока (перезаряжаемые ХИТ, аккумуляторы) создаются на основе систем с обратимо работающими электродами. При исчерпании запасенной емкости разряженный аккумулятор подвергают заряду от внешнего источника постоянного тока, в результате чего активные вещества приходят в исходное состояние. Большинство аккумуляторов допускает проведение большого числа зарядно-разрядных циклов (сотни и тысячи).

На рис. 1 приведена классификация современных ХИТ, получивших широкое распространение, а также менее распространенных, но достаточно важных с точки зрения перспектив их технического применения.

Далеко не любая электрохимическая система может быть реализована в виде законченного инженерного устройства — аккумулятора или первичного элемента. Это зависит от ряда научно-технических и технико-экономических предпосылок — теоретических достижений электрохимической науки, технического уровня материаловедения и других смежных дисциплин, а также технологических возможностей и экономической целесообразности.

С другой стороны, далеко не каждый технически осуществленный вариант аккумулятора или элемента находит определенное практическое применение. Известно [4], что более сотни электрохимических систем существовали в виде действующих образцов источников тока, однако немногие из них нашли относительно широкий спрос и заняли место в ряду ХИТ, выпускаемых промышленностью. В настоящее время к ним относится 6—7 обратимых и 12—15 необратимых систем. Некоторые ХИТ выпускают ограниченными партиями для обеспечения научно-технических программ.

Практическая значимость каждого ХИТ в большой степени определяется совокупностью электрических, эксплуатационных, технико-экономических характеристик, которыми он обладает. От сочетания этих и других параметров зависят конкурентоспособность конкретного образца, его конъюнктурные показатели, в конечном итоге, — широта сферы и уровень массовости практического применения, а значит, и масштабы промышленного производства.

ХИТ для использования на объектах военной техники в качестве автономных источников электроэнергии в разнообразной аппаратуре должны выполнять свои функции в разных режимах работы. Для выбора ХИТ различных электрохимических систем следует определить наиболее значимые электрические и эксплуатационные характеристики, которые должны приниматься во внимание при их сравнении.

Применяемость ХИТ. Сферы использования ХИТ на объектах в качестве автономных источников энергии очень разнообразны. Они применяются для обеспечения электроэнергией систем электрооборудования, систем связи и электроизмерительной аппаратуры, систем навигации, жизнеобеспечения и многого другого.

Различают три режима эксплуатации ХИТ:

— циклирование, т. е. переключение с заряда на разряд при разной глубине разряда;

— буферный, когда ХИТ работает параллельно с другим основным источником энергии и обеспечивает стабильность подачи энергии при переменном графике нагрузки;

— резервный или аварийный, когда ХИТ постоянно должен находиться в состоянии полной заряженности и обеспечивать ток при отключении основного источника питания, а затем его энергия должна быть восполнена.

Области применения ХИТ на объектах военной техники существенно влияют на основные технические требования, предъявляемые к ним, и определяют особенности условий их эксплуатации.

По назначению все ХИТ можно разделить на стартерные, тяговые, транспортные (вспомогательные), стационарные, для переносных приборов, а также ХИТ специальных областей применения [4].

Стартерные батареи предназначены для пуска двигателей внутреннего сгорания и питания систем электрооборудования различных средств передвижения. Нередко стартерные батареи служат не только для пуска двигателей, но и для энергоснабжения объектов при отказе бортовых генераторов тока. Характерные особенности стартерных батарей — импульсный режим разряда, при котором ток повышается до $6C_{ном}$, и периодический подзаряд при стабилизированном напряжении от работающего генератора тока. Батареи должны сохранять работоспособность в интервале температур от минус 40 до плюс 60 °С и выдерживать значительные механические перегрузки. Монопольное положение среди стартерных источников тока занимают свинцово-кислотные батареи. В ограниченном масштабе используют также серебряно-цинковые и никель-кадмиевые аккумуляторные батареи, обладающие более высокой стоимостью.

Тяговые батареи являются источниками питания электродвигателей специальных видов транспорта. Батареи рассчитаны на глубокий разряд в интервале умеренной токовой нагрузки — от 0,05 до $1C_{ном}$, их обычно эксплуатируют интенсивно. Заряд осуществляют на специально оборудованных стендах в оптимальных условиях. Для комплектования тяговых батарей используют никель-железные и свинцовые аккумуляторы, отличающиеся невысокой стоимостью и достаточно большим сроком службы.

Транспортные (вспомогательные) источники тока служат для энергоснабжения систем освещения, кондиционирования, средств сигнализации и связи, заменяя генераторы тока в периоды их бездействия. Температурный диапазон работы таких батарей от минус 50 до плюс 50 °С. Режим эксплуатации менее интенсивный, чем для тяговых батарей: разряд током от $0{,}1C_{ном}$ до $0{,}7C_{ном}$ может быть неглубоким и чередуется с паузами, подзаряд осуществляют от генератора тока. Как и тяговые, транспортные батареи собирают из никель-железных или свинцовых аккумуляторов.

Стационарные батареи предназначены для питания систем управления, сигнализации и связи. Кроме того, они служат аварийными источниками тока на промышленных предприятиях, в зданиях общественного назначения и других объектах, которые нуждаются в бесперебойном энергоснабжении даже в случае нарушения работы электросети. Батареи этого типа, как правило, эксплуатируют в наиболее благоприятных температурных условиях, многие из них разряжаются малой силой тока, а аварийные батареи находятся в состоянии готовности к разряду. Стационарные батареи могут подзаряжаться периодически или непрерывно в режиме компенсационного заряда. Их характерная особенность — многолетняя безотказность, которая обеспечивается за счет функционального резервирования, заложенного в конструкцию. В качестве стационарных источников тока чаще всего используют свинцовые аккумуляторы с фактическим сроком службы свыше 10 лет.

Источники тока для переносных приборов при всем различии систем, типов и конструктивных вариантов имеют малую и среднюю емкость (от 0,025 до 10 А · ч); рассчитаны на длительные режимы разряда; работают, как правило, в любом положении; требуют минимального технического обслуживания или являются необслуживаемыми. Многие элементы и аккумуляторы этой группы многоцелевые и обеспечивают работу радиоэлектронных изделий, разнообразных переносных приборов и устройств. Широкий ассортимент приборов определяет разнообразие условий эксплуатации ХИТ. Самыми распространенными источниками тока общего назначения являются марганцево-цинковые элементы, герметичные никель-кадмиевые, а также необслуживаемые свинцовые аккумуляторы; более узкие масштабы применения характерны для ртутно-цинковых, воздушно-цинковых, серебряно-цинковых, литиевых элементов, серебряно-цинковых аккумуляторов.

Источники тока для специальных областей применения обеспечивают космическую и военную технику. В каждом случае к подобным источникам тока предъявляют конкретные технические требования, обусловленные нередко экстремальными условиями эксплуатации на объекте. Общими требованиями являются высокие удельные характеристики и надежность.

С точки зрения режимов разряда можно выделить две характерные группы ХИТ: способные за короткое время разряда обеспечить высокую электрическую мощность и, наоборот, предназначенные для длительного непрерывного разряда небольшой силы током. Источниками тока специальных областей применения служат как аккумуляторные батареи (свинцовые, никель-кадмиевые, серебряно-цинковые и др.), так и батареи элементов различных систем.

Разнообразие требований привело к промышленному производству большого количества источников тока разных электрохимических систем. Они выпускаются в широком диапазоне емкостей и в разном конструктивном исполнении.

Однако, несмотря на большое разнообразие ХИТ, нельзя найти среди них такой, который мог бы максимально удовлетворять всем требованиям, предъявляемым к автономному источнику питания для аппаратуры любого назначения. При выборе его всегда возникает задача поиска компромисса, позволяющего реализовать наиболее важные требования при всех ограничениях, определяемых аппаратурой объекта, для которой выбирается источник энергии.

Последовательность выбора химического источника тока. Проблема выбора источника тока для конкретного применения решается при определении приоритета критериев, которые должны быть приняты в рассмотрение. При выборе источников тока для объектов специального назначения часто главное внимание обращается на надежность в эксплуатации, возможность работать в тяжелых условиях. Это обеспечивается также и ужесточением требований к контролю качества источников тока и специальным регламентом их испытаний.

Дать однозначный алгоритм выбора конкретного источника тока для любого объекта не представляется возможным. Но при четком представлении о приоритете требований сравнение основных характеристик источников тока различных электрохимических систем дает возможность их выбора, а последующее детальное рассмотрение всего типоразмерного ряда реализованных источников тока позволяет принять окончательное решение.

При выборе ХИТ для проектируемого источника энергии рассматривается ряд факторов, представленных на рис. 2.

В таблице приведены характеристики и особенности ХИТ разных электрохимических систем [1, 2] , что позволяет сравнить их возможности в первом приближении. Детально особенности их работы будут описаны ниже.

Сравнение стоимости источников тока разных систем провести весьма затруднительно, поскольку цена их определяется не только себестоимостью изготовления и уровнем контроля готовой продукции, но и объемом производства на данном предприятии. Более того, цена изделий вообще больше зависит от рыночной конъюнктуры.

Если коротко остановиться на вторичных источниках тока, то необходимо заметить, что при интенсивном использовании различной аппаратуры, приборов и систем для них в качестве автономных источников энергии выбирают аккумуляторы или аккумуляторные батареи со стабильным рабочим напряжением.

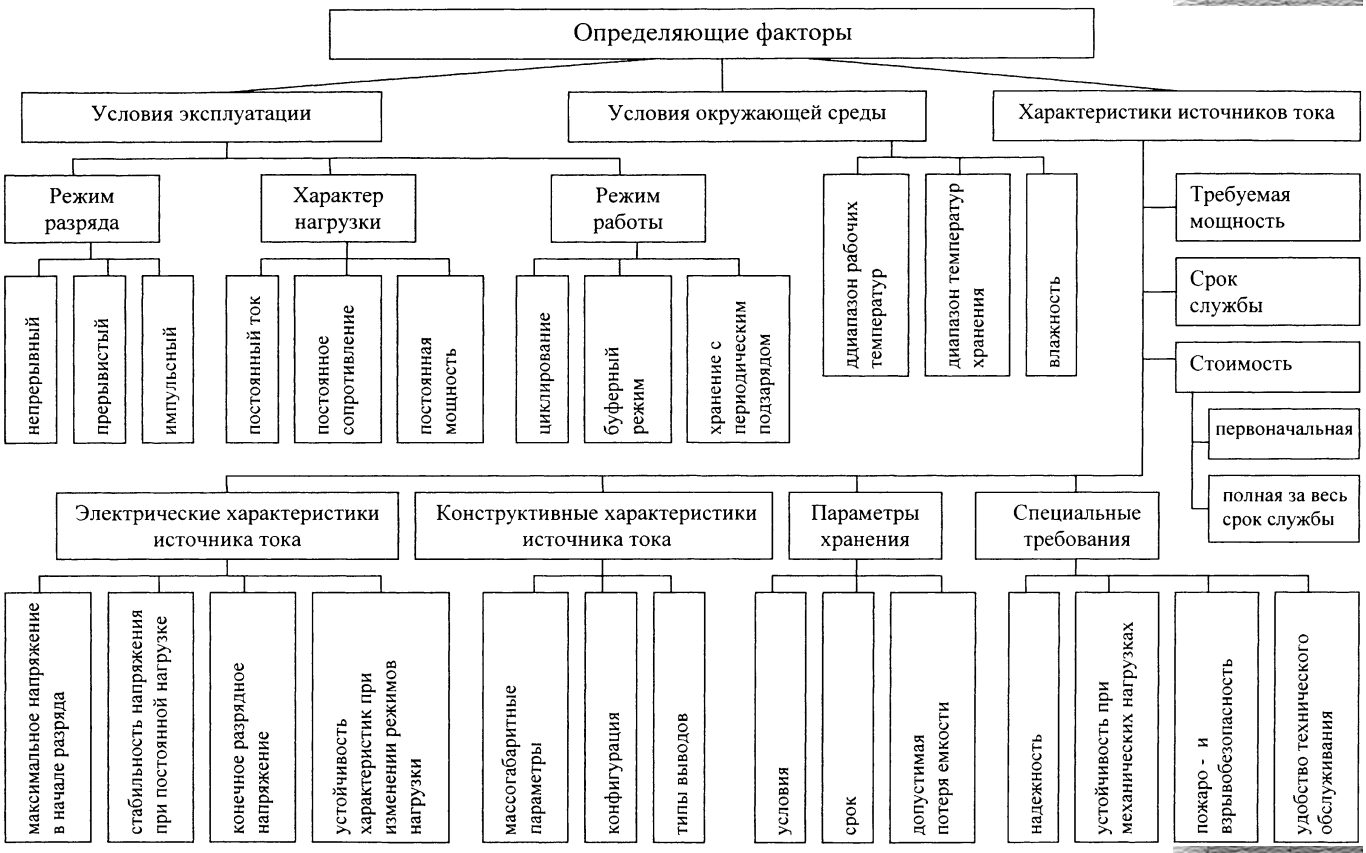


Рис. 2. Факторы, определяющие выбор химического источника тока

Таблица

Основные характеристики химических источников тока разных электрохимических систем

Показатели	Первичные источники тока		Вторичные (перезаряжаемые) источники тока			
	марганцево-цинковые	литиевые	никель-кадмиевые	никель-металлогидридные	свинцово-кислотные	литий-ионные
Рабочее напряжение, В	1,2—1,25	1,5—3,6	1,2	1,2	2,0	3,6
Диапазон рабочих температур, °С	−20÷60	−60÷70	−20(40)÷60	−10(20)÷40	−15÷50	−30÷60
Удельная энергия:						
массовая, Вт · ч/кг	До 90	250—600	30—60	40—80	25—50	100—180
объемная, Вт · ч/дм^3	100—200	400—1100	100—170	150—240	55—100	250—400
Форма кривой разряда	Наклонная	Плоская	Плоская	Плоская	Наклонная	Плоская
Коэффициент отдачи по емкости	—	—	0,60—0,90	0,60—0,90	0,80—0,85	0,90—1,00
Саморазряд, %	10—30/год	1—2,5/год	15—35*	25—40*	4—6*	4—6*
Работоспособность:						
срок хранения, число лет	2—8	5—10	5	1	1	1
срок работы, число лет	—	—	до 10	—	до 5	до 2
количество циклов	—	—	500—1000	500	200	500—1000
Особенности эксплуатации	Предпочтительны малые нагрузки и прерывистый режим разряда	Возможен непрерывный режим разряда и токи разряда до 0,5 С	Циклирование. Токи разряда до 3—8 С. Возможен быстрый заряд	Циклирование. Токи разряда до 3—8 С. Возможен быстрый заряд	Значительное снижение емкости при увеличении тока разряда и низкой температуре	Циклирование с разной глубиной разряда. Необходима защита от перезаряда и от больших токов

* Саморазряд аккумуляторов в течение первого месяца после заряда, затем скорость его уменьшается.

Высокой стоимости щелочные аккумуляторы выдерживают сотни циклов переподготовки без существенного снижения разрядных характеристик, а уменьшение глубины разряда увеличивает количество рабочих циклов до тысяч. Заряд этих аккумуляторов после исчерпания запасенной емкости может быть осуществлен с различной скоростью (от 1 до 16 ч). Это позволяет выбирать удобный режим их эксплуатации в каждом конкретном случае. При хранении в разряженном состоянии щелочные аккумуляторы не теряют работоспособности в течение длительного периода, никель-кадмиевые — до 10 лет, никель-металлгидридные — в течение 1 года [1].

Никель-металлгидридные аккумуляторы обладают более высокими удельными энергетическими характеристиками по сравнению с никель-кадмиевыми, обеспечивают экологическую чистоту. Однако следует обратить внимание на более узкий температурный диапазон эксплуатации никель-металлгидридных аккумуляторных батарей, которые к тому же имеют несколько больший саморазряд и более чувствительны к перегреву, что приводит к необходимости встраивания элементов защиты. Стоимость никель-металлгидридных аккумуляторов на 30—50 % выше, чем у никель-кадмиевых.

Свинцово-кислотные аккумуляторы имеют более высокое рабочее напряжение, чем щелочные, стоимость их в несколько раз меньше. Однако они имеют более низкие удельные энергетические характеристики и значительно меньший ресурс при циклировании до исчерпания запасенной емкости. Если их использовать в буферном режиме, то они будут сохранять работоспособность до 10—12 лет [1].

Литий-ионные аккумуляторы имеют самое высокое рабочее напряжение по сравнению со всеми другими ХИТ и наилучшие удельные характеристики. Но они дороже щелочных аккумуляторов. В настоящее время в России нет производства таких источников тока. Они поставляются главным образом из Японии и Китая, что недопустимо для применения в военной технике. Существенным достоинством литий-ионных источников тока является их высокий коэффициент отдачи по емкости (близкий к 1) [1]. И саморазряд их существенно меньше, чем у щелочных.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Таганова, А. А.** Герметичные химические источники тока. Элементы и аккумуляторы. Оборудование для испытаний и эксплуатации: справочник [Текст] / А. А. Таганова, Ю. И. Бубнов, С. Б. Орлов. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2005. — 264 с.
2. **Таганова, А. А.** Диагностика герметичных химических источников тока [Текст] / А. А. Таганова. — СПб.: ХИМИЗДАТ, 2007. — 128 с.
3. **Багоцкий, В. С.** Химические источники тока [Текст] / В. С. Багоцкий, А. М. Скундин. — М.: Энергоатомиздат, 1981. — 360 с.
4. **Варыпаев, В. Н.** Химические источники тока [Текст] / В. Н. Варыпаев, М. А. Дасоян, В. А. Никольский. — М.: Высшая школа, 1990. — 240 с.
5. **Бадаев, Ф. З.** Элементы электрохимии. Химические источники тока: учеб. пособие [Текст] / Ф. З. Бадаев, В. А. Батюк, В. Н. Горячева. — М.: Изд. МГТУ им. Н. Э. Баумана, 1993. — 71 с.
6. **Химические** источники тока: справочник [Текст] / Под ред. Н. В. Коровина и А. М. Скундина. — М.: Изд. МЭИ, 2003. — 740 с.
7. **Кромптон, Т. А.** Вторичные источники тока [Текст] / Т. А. Кромптон. — М.: Мир, 1985. — 304 с.
8. **Кромптон, Т. А.** Первичные источники тока [Текст] / Т. А. Кромптон. — М.: Мир, 1986. — 326 с.

УДК 629.113-585

Ю. М. Захарик,
д-р техн. наук,
Ан. М. Захарик,
канд. техн. наук,
доц.,
Ал. М. Захарик,
доц.; МАЗ

Исполнительные механизмы систем автоматического управления механическими трансмиссиями

Изложен метод создания исполнительных механизмов систем автоматического управления трансмиссиями. Приведены схемы существующих и перспективных исполнительных механизмов, показаны их недостатки и преимущества. Описаны особенности и работа электропневмо-гидроисполнительных механизмов. Рассмотрены результаты сравнительного анализа исполнительных механизмов систем автоматического управления трансмиссиями.

Ключевые слова: *звено, исполнительный механизм, цилиндр, клапан, контур, поршень, распределитель, система, схема, управление, функция, характеристика.*

Введение. В настоящее время системы автоматики охватывают все узлы автомобиля. Однако в первое время использования автоматических систем в связи с недостаточным быстродействием исполнительных механизмов и низким уровнем информационного и алгоритмического обеспечения рассматриваемые системы не могли воспроизвести действия опытного водителя в сложных дорожных ситуациях. В дальнейшем при снижении инерционности исполнительных механизмов, увеличении информационного потока и уровня алгоритмических решений удалось повысить эффективность систем автоматики. Для того чтобы можно было не только воспроизвести действия опытного водителя, но и превзойти их, необходимо решить проблему создания исполнительных механизмов нового поколения.

Методология синтеза структуры исполнительных механизмов нового поколения состоит в создании исполнительных механизмов, в которых механические, пневматические или гидравлические контуры, имеющие минимальное количество звеньев, осуществляют силовое воздействие на элементы трансмиссии автомобилей, а управление данными контурами передается электронным устройствам. Такое разделение функций в системах автоматического управления позволяет при обоснованных параметрах элементов систем формировать при помощи электронных устройств и реализовывать исполнительными механизмами оптимальные законы управления, а также свести энергетические потери в системах к минимуму.

Снижение количества гидропневмоаппаратов и преобразовательных элементов приводит к упрощению структуры исполнительных механизмов и уменьшению их инерционности. Кроме того, снижаются масса и габаритные размеры исполнительных механизмов, повышается их долговечность, надежность, создаются предпосылки для применения исполнительных механизмов интегрального типа.

Однако в результате снижения количества гидропневмоаппаратов и преобразовательных элементов при сопутствующем упрощении структуры исполнительных механизмов изменяется динамика их работы и критерии эффективности отклоняются от требуемого значения. Для достижения заданного значения критерия эффективности необходимо изменить вектор параметров исполнительных механизмов.

Формирование структуры исполнительных механизмов. Структура исполнительных механизмов в значительной степени определяется типом их энергоносителя. В автомобилях, для управления элементами силовых агрегатов которых требуются сравнительно небольшие усилия, в качестве энергоносителя исполнительных механизмов целесообразно использовать разрежение во впускном коллекторе двигателя в случае, если оно достаточно для обеспечения создания требуемого усилия. При дополнительном дооборудовании силовых агрегатов автомобилей гидравлическими насосами в качестве энергоносителя можно использовать рабочую жидкость. Однако с точки зрения унификации применяемых в исполнительных

механизмах двигателя, сцепления и коробки передач энергоносителей предпочтительно, чтобы природа последних оставалась одинаковой, например, пневматической (такой же, как для тормозных систем грузовых автомобилей).

Исполнительный орган для выбранного энергоносителя может быть представлен исполнительным цилиндром одностороннего действия для исполнительных механизмов двигателя и сцепления или исполнительным цилиндром двухстороннего действия для исполнительного механизма коробки передач.

При синтезе структуры исполнительных механизмов систем автоматического управления трансмиссии важное место отводится выбору устройств сопряжения, непосредственно влияющих на быстродействие, устойчивость и точность работы систем. Задача данных устройств состоит в управлении состоянием клапанов и распределительных элементов исполнительных механизмов в зависимости от управляющих воздействий, сформированных электронным блоком. Сравнительно высокие статическая и динамическая точность, КПД и быстродействие, стабильность характеристик в процессе эксплуатации транспортных средств в различных дорожных условиях, а также небольшие габаритные размеры, присущие электромеханическим преобразователям, обуславливают их предпочтительное использование в исполнительных механизмах систем автоматического управления трансмиссиями.

Известна широкая гамма электромеханических преобразователей, принцип работы, характеристики и математическое описание которых, а также метод выбора их характеристик и согласования с параметрами пневматического и гидравлического (при наличии) контуров исполнительных механизмов подробно изложены в литературе [4, 5].

Управление энергетическим состоянием исполнительных цилиндров и преобразование энергии контуров исполнительных механизмов в зависимости от управляющих воздействий, сформированных электронным блоком, осуществляются электроклапанами и электрораспределителями, имеющими в своем составе электромеханические преобразователи.

Для обеспечения максимального быстродействия работы исполнительных механизмов целесообразно использовать в их структуре электропневмоклапаны прямого действия. Два электропневмоклапана такого типа, работающие в инверсном режиме, должны обеспечить управление положением штока исполнительного цилиндра с заданной точностью.

Группа электропневмораспределителей, являющихся элементами структуры исполнительных механизмов, представлена на рис. 1. В электропневмораспределителе с нормально открытым клапаном (рис. 1 — II, а) под действием силы, создаваемой электромагнитом 4, шток 5 перемещается, сжимает пружину 8, которая воздействует на поршень 7. В свою очередь поршень 7, перемещаясь вниз и сжимая поддерживающую пружину 2, седлом

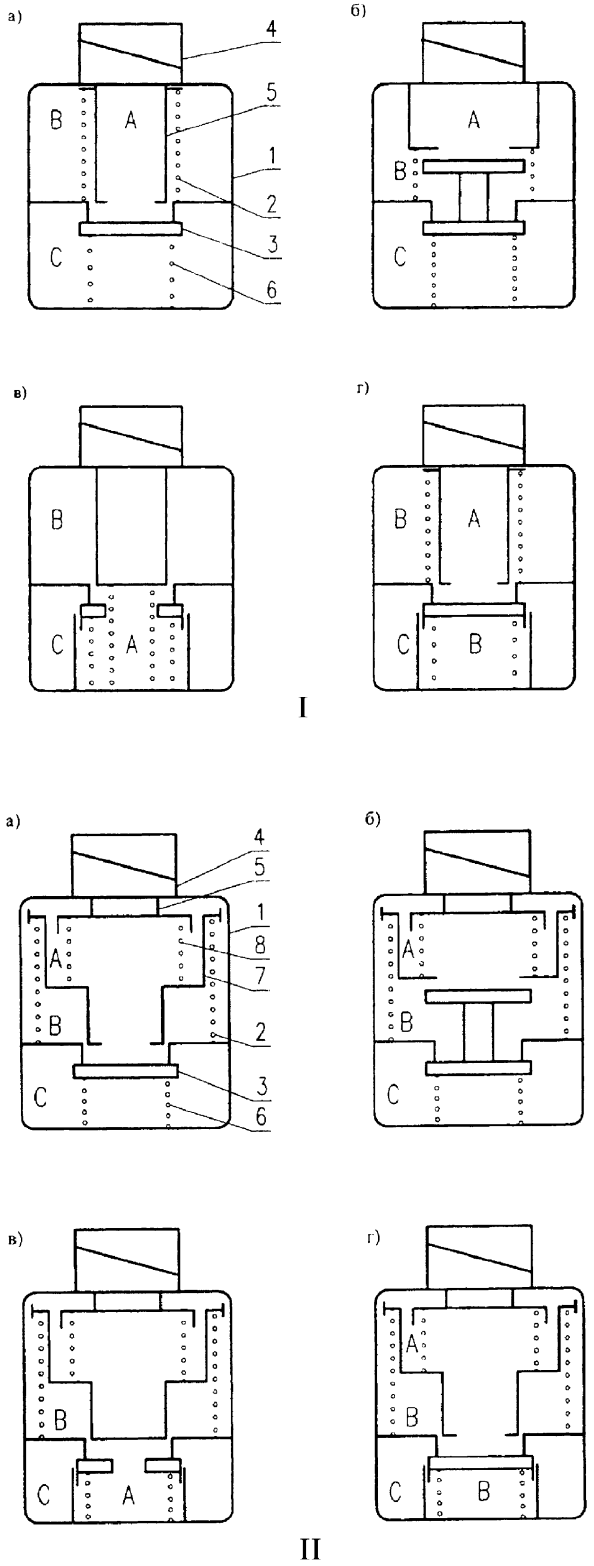


Рис. 1. Схемы электропневмораспределителей:

I — с электрической обратной связью; II — с пневматической обратной связью; а — с нормально открытым клапаном; б — с двойным клапаном; в — с измененным отводом воздуха; г — с уравновешенным клапаном; 1 — корпус; 2 — поддерживающая пружина; 3 — клапан; 4 — электромагнит; 5 — шток; 6 — устанавливающая пружина; 7 — поршень; 8 — пружина; A, B, C — полости, соединенные соответственно с атмосферой, рабочей полостью исполнительного цилиндра, ресивером

упирается в клапан 3 и тем самым отсоединяет полость В от полости А. При дальнейшем перемещении поршня 7 вниз клапан 3 открывается, устанавливающая пружина 6 сжимается и полость С соединяется с полостью В. Сжатый воздух из питающей пневмомагистрали поступает через полость В в рабочую полость исполнительного цилиндра, шток которого под действием возрастающего давления начинает перемещаться. Следящее действие обеспечивается отрицательной обратной связью за счет воздействия давления воздуха в полости В на поршень 7 распределителя.

Электропневмораспределители с двойным и уравновешенным клапанами, с измененным отводом воздуха (рис. 1, II, б, в, г) регулируют давление в полости В аналогично электропневмораспределителю, представленному на рис. 1, II, а. При изменении компоновки электропневмораспределителей или схемы подключения пневмомагистралей к ним целесообразно использовать электропневмораспределители с двойным клапаном и измененным отводом воздуха (рис. 1, II, б, в) соответственно. Уравновешивание клапана 3 достигается за счет обеспечения постоянного сообщения полости под ним и полости В (рис. 1, II, г).

Для достижения функциональной работоспособности систем необходимо использовать большее количество электропневмоклапанов, чем электропневмораспределителей. Однако возможность независимого управления процессами наполнения и опорожнения рабочей полости исполнительного цилиндра, а также упрощенная конструкция электропневмоклапанов обуславливают предпочтительность их использования в исполнительных механизмах систем автоматического управления трансмиссиями.

Схемы элетропневмораспределителей с электрической обратной связью приведены на рис. 1, I. В отличие от ранее рассмотренных схем (рис. 1, II) следящее действие в этом случае обеспечивается отрицательной обратной связью путем передачи информации, поступившей с датчика обратной связи (давления, перемещения или иного сформированного параметра управления), в устройство преобразования системы, электронный блок которой в зависимости от величины рассогласования заданным способом корректирует усилие на штоке электромагнита (см. рис. 6, *б*).

Сравнивая схемы электропневмораспределителей, приведенные на рис. 1, II и I, можно сделать вывод: введение электрической обратной связи позволяет снизить количество подвижных и упругих механических элементов в распределительных устройствах. Это упрощает структуру электропневмораспределителей, но одновременно добавляет возложенную на электронный блок и соответствующие элементы системы управления функцию по обеспечению реализации обратной связи. Последнее не приводит к тем нежелательным последствиям, как в случае усложнения исполнительного механизма, и сводится к некоторому увеличению объема управляющей программы электронного блока.

Чувствительные элементы электропневмораспределителей, показанных на рис. 1, II и I, могут быть поршневыми или диафрагменными, клапаны плоскими, коническими или сферическими, что не изменяет структуру и принцип работы электропневмораспределителей.

С учетом преимуществ электрической обратной связи разработаны электрораспределители, ориентированные на использование рабочей жидкости в качестве энергоносителя [3].

Управление энергетическим состоянием исполнительных цилиндров посредством рассмотренных электроклапанов и электрораспределителей в следящем режиме подробно описано в ряде работ [1, 2]. Выбор схемы электроклапанов и электрораспределителей определяется диапазоном изменения давления в их полостях, характеристиками электромагнитов, а также обеспечением требуемых быстродействия и точности работы исполнительных механизмов систем автоматического управления трансмиссиями.

Анализ структуры исполнительных механизмов позволил выделить их типовые звенья: исполнительный цилиндр, клапан, распределитель, гидропневмоцилиндр, устройство сопряжения, магистраль, источник давления, предохранительный и обратный клапаны, фильтр, датчик. Типовое звено следует рассматривать как единичный элемент структуры исполнительных механизмов, имеющий свои входные и выходные параметры. Совокупность таких звеньев, соединенных определенным, в том числе типовым, способом между собой, образует структуру исполнительных механизмов.

Анализ структуры исполнительных механизмов, полученных на основе различного сочетания их типовых звеньев, показал следующее. Использование электрической обратной связи (рис. 2, б) вместо пневматической (рис. 2, а) позволяет не только упростить структуру электропневмораспределителя 2, но и расширить возможность применения различного вида параметров обратной связи. К таким параметрам следует отнести перемещение штока $y_п$ и давление p в рабочей полости

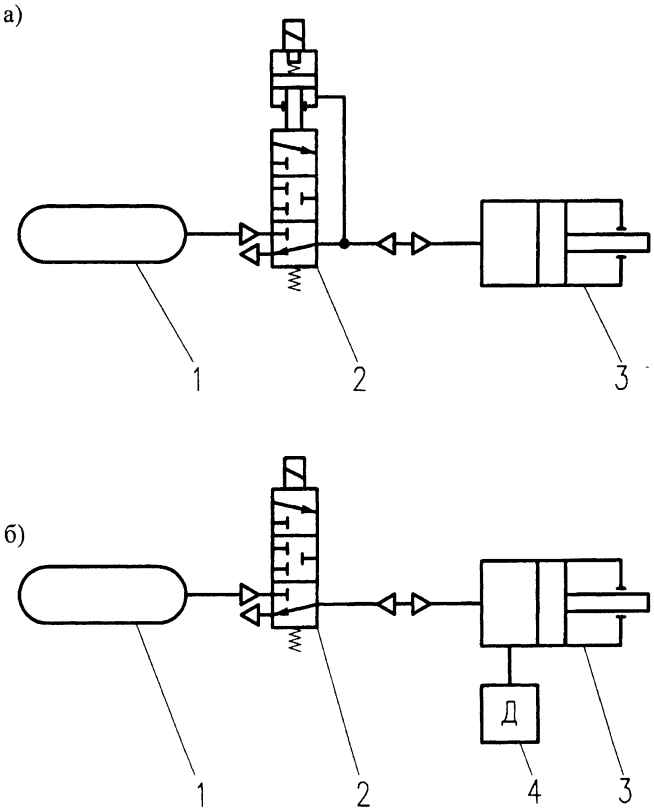


Рис. 2. Схемы электропневматических исполнительных механизмов на базе электрораспределителей с пневматической (а) и электрической (б) обратной связью:

1 — ресивер; 2 — электропневмораспределитель; 3 — исполнительный цилиндр; 4 — датчик

исполнительного цилиндра, их производные и интегральные составляющие n-го порядка. Электрическая обратная связь, в которой за основу принято перемещение штока $y_п$ исполнительного цилиндра, может быть описана следующими выражениями:

$$D_y = F_y\left\{\beta_о, y_п, \beta'_{оi}\frac{dy_п}{dt}, \right. \quad (1)$$

$$\beta'_{оi+1}\frac{d^2y_п}{dt}, ..., \beta'_{оn}\frac{d^ny_п}{dt^n}, ..., \beta''_{оi}\int y_п dt,$$

$$\left.\beta''_{оi+1}\int\int y_п dt^2, ..., \beta''_{оn}\int^n y_п dt^n\right\},$$

где D_y — передаточная функция; $F_у$ — функционал управления контуром обратной связи; $y_п$ — перемещение штока исполнительного механизма; $\beta_о$, $\beta'_о$, $\beta''_о$ — весовые коэффициенты контура обратной связи.

Аналогично может быть сформирована электрическая обратная связь, в которой за основу принято давление p в рабочей полости исполнительного цилиндра. Посредством подбора значений весовых коэффициентов $\beta_о$, $\beta'_{оi}$ и $\beta''_{оi}$ уравнения (1), являющихся в общем случае переменными величинами и определяющих степень ввода различных составляющих величины, принятой в качестве управляемой, возможно минимизировать погрешность реализации законов автоматического управления.

Для снижения габаритных размеров исполнительных цилиндров за счет повышения давления рабочей среды целесообразно применять исполнительные механизмы электрогидравлического типа (рис. 3, *а*). Сочетание преимуществ электрической обратной связи и сравнительно высокого давления рабочей жидкости в соответствующей полости исполнительного цилиндра предопределяет возможность создания исполнительных механизмов с низкой металлоемкостью и высокими функциональными возможностями, схема которых приведена на рис. 3, б. В этом случае давление в рабочей

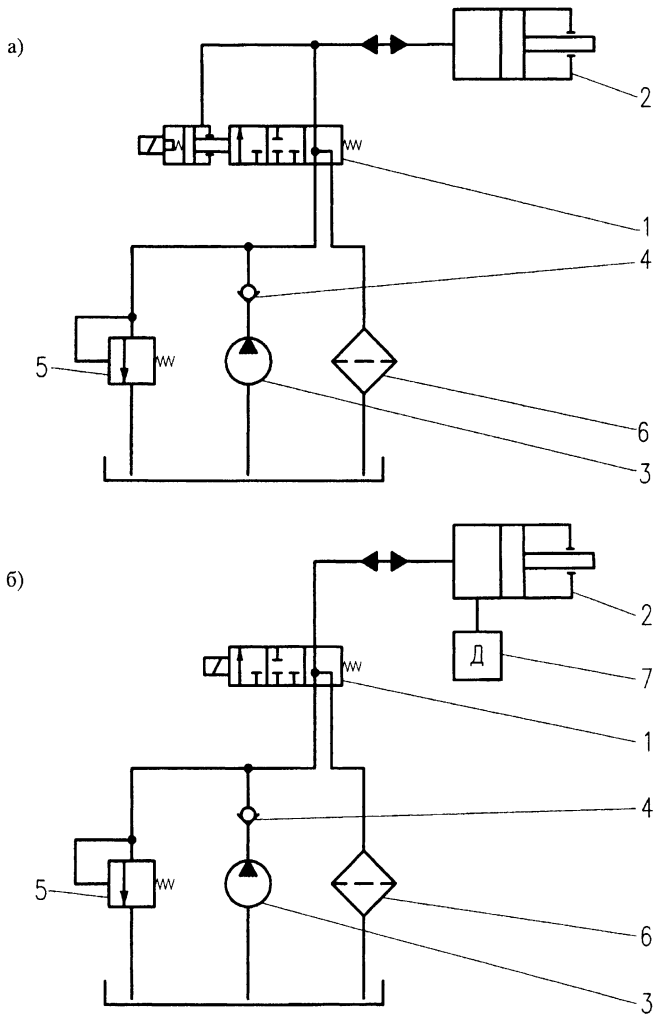


Рис. 3. Схемы электрогидравлических исполнительных механизмов на базе электрораспределителей с гидравлической (а) и электрической (б) обратной связью:

1 — электрогидрораспределитель; 2 — исполнительный цилиндр; 3 — гидравлический насос; 4 и 5 — соответственно обратный и предохранительный клапаны; 6 — фильтр; 7 — датчик

полости исполнительного цилиндра 2 изменяется в зависимости от величины электрического сигнала, подаваемого на обмотки электромагнита электрогидрораспределителя 1.

Для повышения быстродействия электрогидравлических исполнительных механизмов целесообразно использовать в их структуре электрогидравлические клапаны 1—3 (рис. 4, а). Посредством предварительного увеличения создаваемого насосом 4 в гидравлической магистрали a—b давления, величина которого зависит от длительности нахождения клапанов 1 и 2 в закрытом положении и верхний предел которого ограничивается предохранительным клапаном 7, время переходного процесса уменьшается. За счет организации раздельных контуров слива насоса 4 (отключается и подключается электрогидравлическим клапаном 1) и цилиндра 5 (отключается и подключается электрогидравлическим клапаном 3) уменьшается инерциональность исполнительных механизмов.

С целью снижения общего количества клапанов электрогидравлических исполнительных механизмов целесообразно в их структуре использовать трехлинейный электрогидравлический клапан 1 (рис. 4, б), изменяющий давление в рабочей полости исполнительного цилиндра путем чередования фаз наполнения и опорожнения рабочей среды: при увеличении длительности фазы наполнения по отношению к фазе опорожнения шток исполнительного цилиндра перемещается вправо, при инверсном управлении — влево. Последнее неоправданно повышает расход рабочей среды.

Стремление к использованию элементов серийных гидропневматических исполнительных механизмов в системах автоматического управления тяговыми режимами приводит к необходимости создания электрогидропневматических исполнительных механизмов (рис. 5, а). В них электроклапаны 5 управляют давлением воздуха в рабочей полости гидропневмоцилиндра 4. При перемещении поршня гидропневмоцилиндра 4 вниз жидкость одновременно подается к соответствующим полостям цилиндров 1 и 2. Следящий клапан 3, смещаясь, пропускает сжатый воздух из питающей магистрали в рабочую полость исполнительного цилиндра 2, шток которого в результате совместного усилия, создаваемого гидравлическим и пневматическим контурами, начинает перемещаться вправо.

Решить задачу унификации элементов автоматических и автоматизированных систем можно также за счет электрогидропневматического исполнительного механизма, в состав которого входит исполнительный цилиндр гидравлического типа 2 (рис. 5, б). В результате снижается количество элементов рассматриваемого исполнительного механизма. Однако, сравнивая исполнительные механизмы электрогидропневматического и электропневматического типов, схемы которых представлены, соответственно, на рис. 5, б и 2, а, можно сделать следующий вывод: при одних и тех же функциональных возможностях в связи с необходимостью преобразования энергии контуров исполнительный механизм электрогидропневматического типа имеет большее количество звеньев.

Разновидностью исполнительного механизма, созданного на базе электропневмораспределителя (рис. 5, *б*), является исполнительный механизм электрогидропневматического типа, в котором функции управления энергетическим состоянием входящего в его состав исполнительного цилиндра 2 выполняют два электропневматических клапана 5 (рис. 5, в). Сопряжение гидравлического и пневматического контуров исполнительного

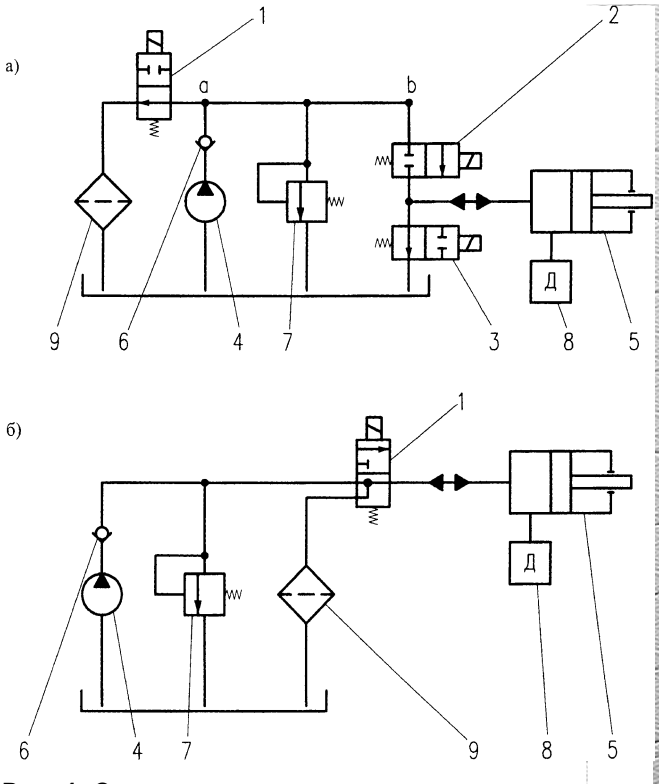


Рис. 4. Схемы электрогидравлических исполнительных механизмов на базе двухлинейных (а) и трехлинейного (б) электрогидравлических клапанов:

1—3 — электрогидравлические клапаны; 4 — насос; 5 — исполнительный цилиндр; 6 и 7 — соответственно обратный и предохранительный клапаны; 8 — датчик; 9 — фильтр

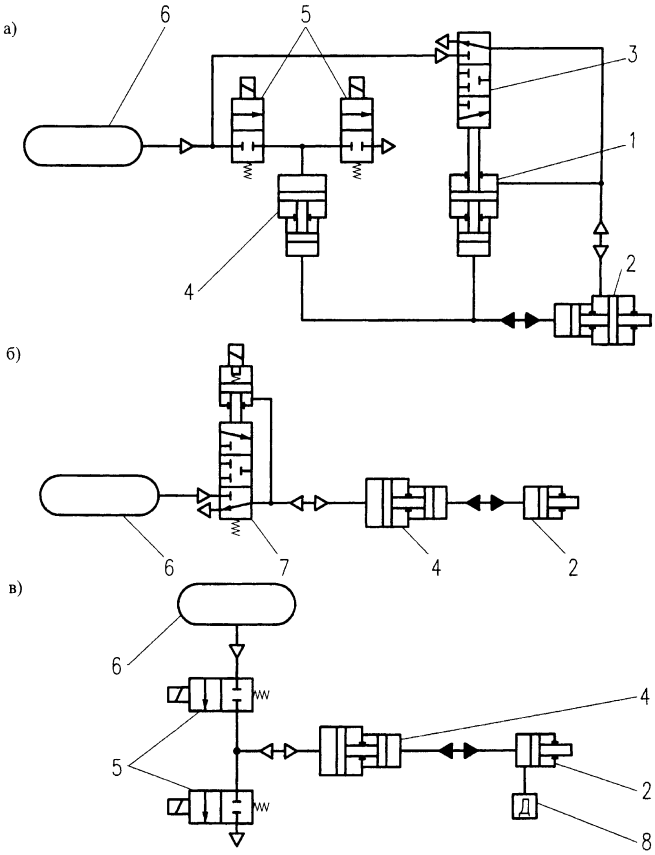


Рис. 5. Схемы электрогидропневматических исполнительных механизмов с исполнительным цилиндром гидропневматического типа (а), гидравлического типа (б) и комбинированного типа (в):

1 — цилиндр; 2 — исполнительный цилиндр; 3 — следящий клапан; 4 — гидропневмоцилиндр; 5 — электропневмоклапан; 6 — ресивер; 7 — электрораспределитель; 8 — датчик

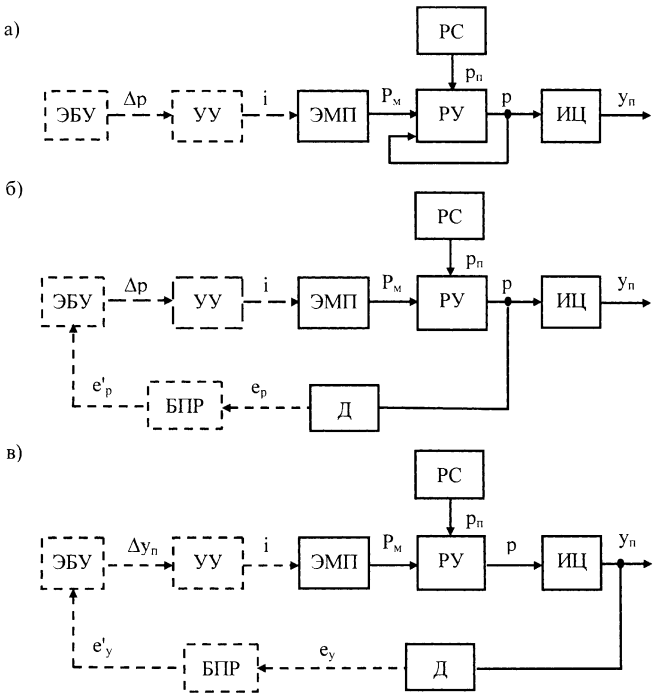


Рис. 6. Структурные схемы исполнительных механизмов на базе электрораспределителей электропневматического и электрогидравлического типов с пневматической (гидравлической) (а) и электрической (б) обратной связью по давлению, с электрической обратной связью по перемещению (в):

РУ — распределитель; ИЦ — исполнительный цилиндр; РС — источник давления; Д — датчик обратной связи; ЭМП — электромеханический преобразователь; БПР — блок преобразования; ЭБУ — электронный блок управления; УУ — усилительное устройство; i — усиленное управляющее воздействие; $P_м$ — усилие, создаваемое электромагнитом; $y_п$, p — перемещение штока и давление в рабочей полости исполнительного цилиндра; $\Delta y_р$, $\Delta_р$ — сигналы рассогласования соответствующих параметров управления; $p_п$ — давление рабочей среды в питающей магистрали; $e_р$, $e'_р$, $e_у$, $e'_у$ — электрические сигналы соответствующих параметров управления; сплошные линии — элементы исполнительных механизмов; штриховые линии — элементы устройств формирования и усиления управляющих воздействий

механизма осуществляется гидропневмоцилиндром 4. В данной схеме используются преимущества электрической обратной связи, реализованной датчиком 8.

На рис. 6—8 показаны структурные схемы исполнительных механизмов. Анализ структурных схем исполнительных механизмов (рис. 6, а, б и в), разработанных на базе распределителей электропневматического и электрогидравлического типов, показал, что использование обратной связи по перемещению штока исполнительного цилиндра вместо обратной связи по давлению в рабочей полости исполнительного цилиндра позволяет охватить обратной связью большее количество звеньев исполнительного механизма и тем самым получить больше информации об их состоянии, на основе которой могут быть сформированы корректирующие воздействия. Последние необходимы в том случае, если в процессе работы исполнительного механизма возникают отклонения характеристик его звеньев от требуемых. Таким образом, применение обратной связи по перемещению штока исполнительного цилиндра создает возможность приближения динамических процессов в исполнительном механизме к оптимальным в течение всего периода его эксплуатации. В равной мере данный вывод относится и к электрогидравлическим исполнительным механизмам, созданным на базе электрогидравлических клапанов.

Анализ структурной схемы исполнительных механизмов (рис. 7, а), созданных на базе электрогидравлических клапанов, показал, что расширение функциональных возможностей исполнительных механизмов повлекло за собой усложнение их управляющих контуров. Результатом упрощения управляющих контуров являются исполнительные механизмы, структурная схема которых представлена на рис. 7, б. Данная схема идентична структурной схеме, представленной на рис. 6, б, в отношении количества звеньев рассматриваемых исполнительных механизмов. Однако при управлении давлением в рабочей полости исполнительного цилиндра, входящего в состав исполнительного меха-

низма, структурная схема которого представлена на рис. 7, б, увеличивается цикловая нагруженность электрогидравлических клапанов.

На рис. 8, а показана структурная схема исполнительных механизмов электрогидропневматического типа с гидропневматическим исполнительным цилиндром. Большое количество подвижных механических элементов на пути преобразования управляющего воздействия, наличие зоны нечувствительности и гистерезиса пар трения гидропневмоаппаратов, значительные дроссельные потери обуславливают сложность рассматриваемого исполнительного механизма, повышают инерционность его работы и ухудшают динамику. Улучшение процессов управления возможно за счет дополнительного введения корректирующих аппаратов в пневматический контур управления, что также усложняет конструкцию исполнительных механизмов.

Применение исполнительных цилиндров гидравлического типа (рис. 8, б и в) вместо гидропневматического типа приводит к упрощению структурной схемы. Однако инерционность гидропневмоцилиндров при определенных условиях увеличивает погрешность работы исполнительных механизмов.

В качестве перспективных можно рассматривать исполнительные механизмы, в которых два нормально закрытых клапана впуска и выпуска (рис. 9, а) на основе управляющих воздействий электронного блока изменяют давление в рабочей полости исполнительного цилиндра 1.

В соответствии с изложенной ранее методологией синтеза структуры исполнительных механизмов пневматические контуры данных исполнительных механизмов осуществляют силовое воздействие, а функции управления ими переданы электронному блоку. Причем посредством минимизации количества элементов и сопрягающих устройств и, как следствие, сравнительно невысокой инерционности исполнительных механизмов создается возможность реализации законов автоматического управления с минимальной погрешностью.

На рис. 10 приведены статические характеристики исполнительных механизмов зависимости давления p в исполнительном цилиндре от входного напряжения управления U. Диапазон изменения давления p: от давления окружающей среды до максимального рабочего, напряжения управления U : 0 — 12 В/0 — 24 В. Из рис. 10 видно, что в случае подачи заданного напряжения на выходе распределителя формируется пропорциональное давление.

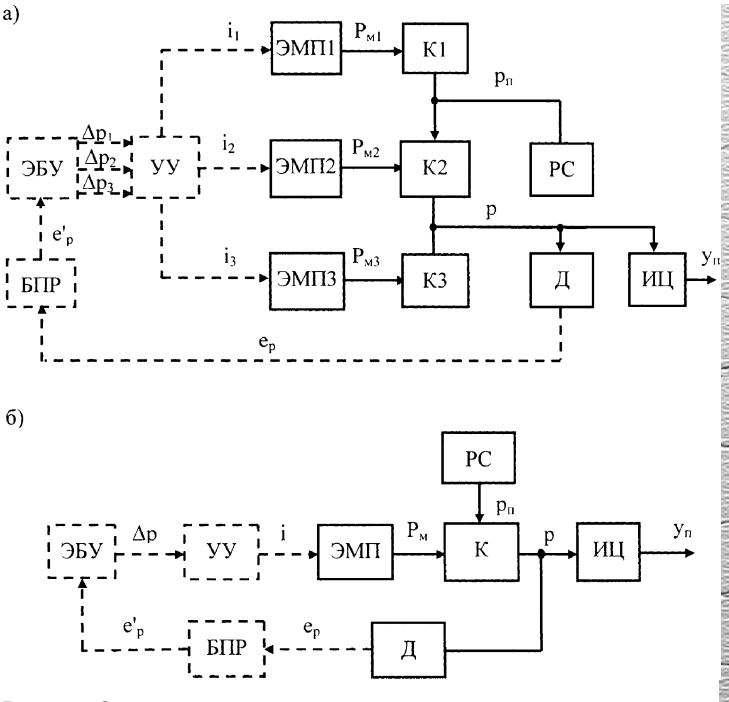


Рис. 7. Структурные схемы исполнительных механизмов электрогидравлического типа на базе двухлинейных (а) и трехлинейного (б) клапанов:

К — клапан; далее обозначения те же, что и на рис. 6

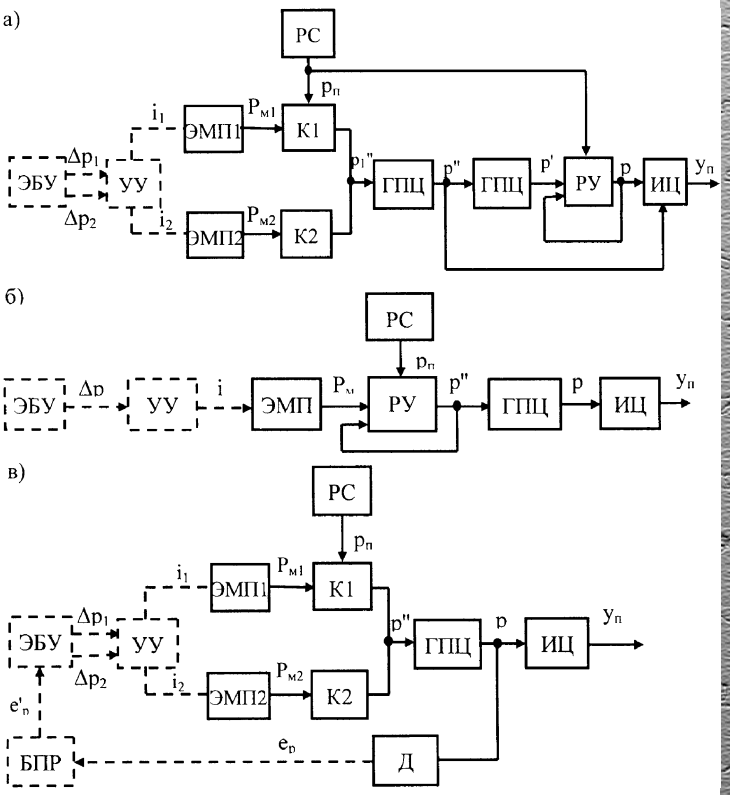


Рис. 8. Структурные схемы электрогидропневматических исполнительных механизмов с гидропневматическим (а), гидравлическим (б) цилиндрами и комбинированного типа (в):

обозначения те же, что на рис. 6 и 7

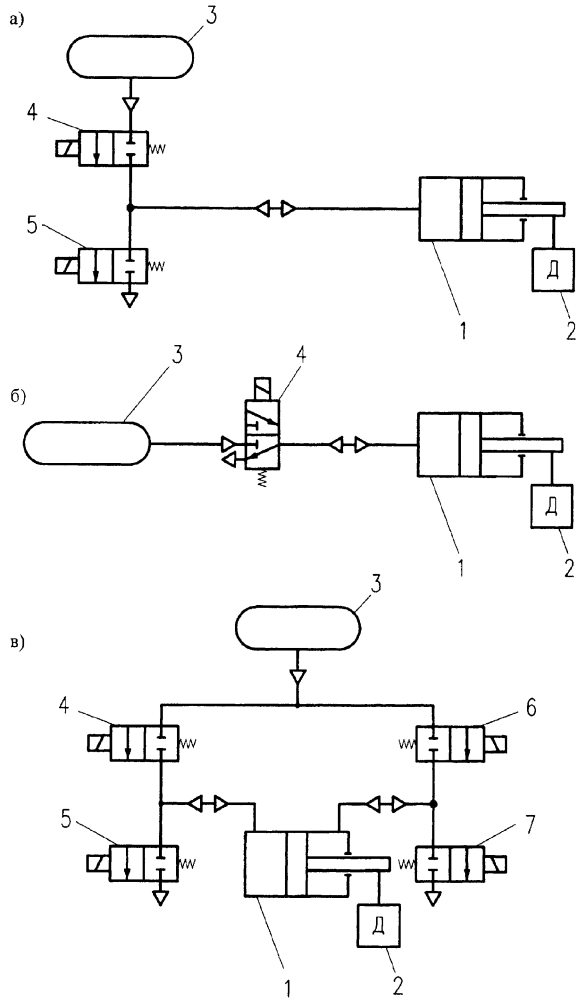


Рис. 9. Схемы исполнительных механизмов двигателей и сцеплений на базе двухлинейных (а) и трехлинейного (б) электропневматических клапанов коробок передач (в):

1 — исполнительный цилиндр; 2 — датчик; 3 — ресивер; 4—7 — клапаны

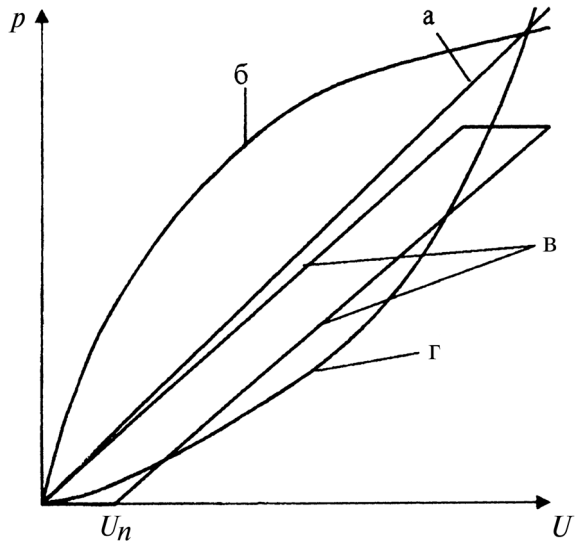


Рис. 10. Статические характеристики исполнительных механизмов:

а — идеальная; б, г — нелинейная; в — с гистерезисом

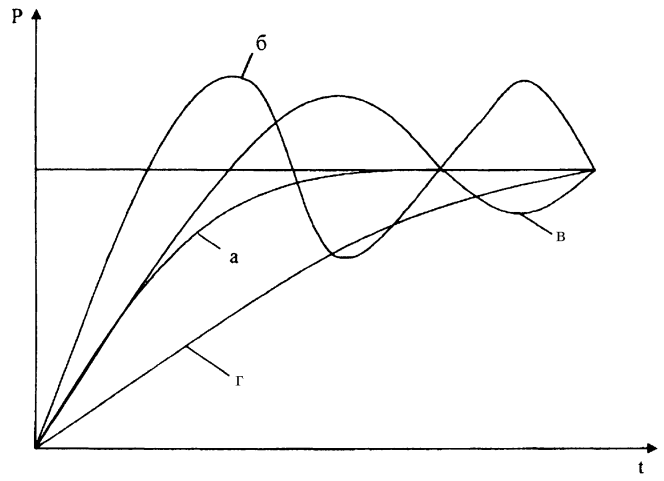


Рис. 11. Осциллограмма переходных процессов реакции электрораспределителей на единичное возмущение:

а — с оптимальными параметрами; б — с автоколебаниями; в — с перерегулированием; г — с повышенным дросселированием

Угол наклона идеальной характеристики а (рис. 10) определяется коэффициентом усиления исполнительного механизма. При проектировании исполнительного механизма такого типа необходимо учитывать нелинейности б, г и гистерезис в. Точка U_n определяется зоной нечувствительности распределителя. В случае, если задающий сигнал становится ниже величины U_n, давление в рабочей полости исполнительного цилиндра сбрасывается до атмосферного. В пределах $0 - U_n$ работа исполнительного механизма невозможна, следовательно, необходимо начинать регулирование с $U = U_n$.

На рис. 11 приведен фрагмент осциллограммы переходных процессов реакции электрораспределителей на единичное возмущение. В данном случае необходимо, чтобы регулируемая величина максимально быстро достигла заданного значения без автоколебаний и перерегулирования (рис. 12, кривая а). На решение этой задачи влияет тип, принципиальная схема, параметры электрораспределителя и обратной связи, алгоритм электронного блока управления. В этой связи целесообразно использовать дополнительно величину dp/dt в качестве обратной связи с тем, чтобы электронный блок управления, анализируя текущее давление в рабочей полости исполнительного цилиндра и скорость изменения давления, регулировал пропускную

способность клапанов распределителей адаптивно по отношению к входному воздействию.

Одним из вариантов рассмотренных исполнительных механизмов, структурная схема которых приведена на рис. 13, является исполнительный механизм (рис. 9, б), где два двухлинейных клапана заменены одним трехлинейным. Управление давлением в рабочей полости исполнительного цилиндра 1 осуществляется электропневматическим клапаном посредством чередования фаз наполнения и опорожнения воздуха. В результате существенно увеличивается расход воздуха из ресивера.

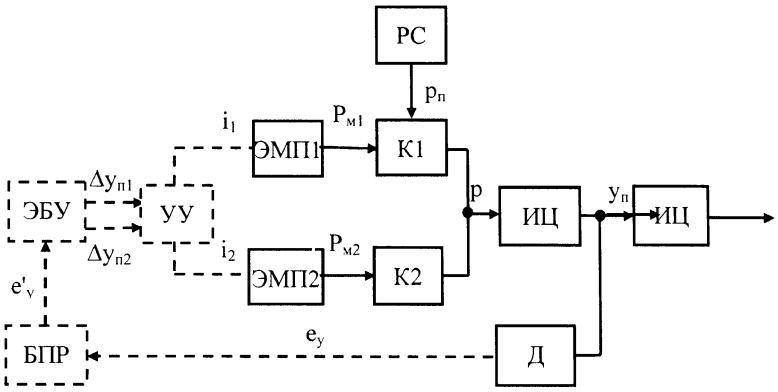


Рис. 12. Структурная схема электропневматического исполнительного механизма на базе двухлинейных электропневматических клапанов:

обозначения те же, что и на рис. 6 и 7

Таблица

Характеристики исполнительных механизмов

Тип исполнительного механизма	Тип используемых распределителей/клапанов	Вид обратной связи	Количество				
			гидравлических аппаратов $N_г$	пневматических аппаратов $N_п$	гидропневмоаппаратов $N_{гп}$	коммутирующих цепей $C_{гп}$	датчиков $N_д$
Электропневматический на базе электрораспределителя	Трехлинейный распределитель	Пневматическая по давлению	—	3	—	3	—
		Электрическая по давлению	—	3	—	3	1
		Электрическая по перемещению	—	3	—	2	1
Электрогидравлический на базе электрораспределителя	То же	Гидравлическая по давлению	3	—	—	4	—
		Электрическая по давлению	3	—	—	4	1
		Электрическая по перемещению	3	—	—	3	1
Электропневматический на базе электроклапанов	Двухлинейный клапан	То же	—	4	—	3	1
	Трехлинейный клапан	»	—	3	—	2	1
Электрогидравлический на базе электроклапанов	Двухлинейный клапан	Электрическая по давлению	5	—	—	6	1
	Трехлинейный клапан	То же	3	—	—	4	1
Электрогидропневматический	Двухлинейный клапан	Пневматическая	—	4	3	9	—
	Трехлинейный распределитель	То же	1	2	1	4	—
Электрогидропневматический комбинированный	Двухлинейный клапан	Электрическая по давлению	1	3	1	5	1

Заключение. В таблице приведены характеристики рассмотренных исполнительных механизмов, влияющие на их функциональную работоспособность, компоновочные размеры и материалоемкость. Сравнительный анализ приведенных характеристик показал, что приемлемыми с точки зрения минимального количества гидропневмоаппаратов и коммутационных соединений следует признать электропневматические исполнительные механизмы на базе электрораспределителя (см. рис. 2, б). Таким же минимальным количеством элементов обладают электропневматические исполнительные механизмы на базе трехлинейного клапана (см. рис. 9, б), но в отличие от указанных выше исполнительных механизмов, имеющие повышенный расход энергоносителя.

В случае необходимости независимого управления процессами наполнения и опорожнения рабочей полости исполнительных цилиндров целесообразно использовать электропневматические исполнительные механизмы на базе двухлинейных электропневматических клапанов (см. рис. 9, а), обладающие более расширенными функциональными возможностями при минимальном количестве элементов. Применение электрогидропневматических исполнительных механизмов целесообразно при решении узкого круга задач и носит ограниченный характер.

С учетом полученных выводов созданы механизмы, в которых исполнительный орган представлен цилиндром двухстороннего действия 1 (см. рис. 9, в). Управление давлением в рабочих полостях исполнительного цилиндра осуществляется электропневматическими клапанами 4—7 на основе воздействий, сформированных электронным блоком.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Захарик, Ю. М.** Аналого-цифровое управление сцеплением [Текст] / Ю. М. Захарик // Инженер-механик. — 2003. — № 3. — С. 32—33.
2. **Захарик, Ю. М.** Дистанционное управление сцеплением автомобиля [Текст] / Ю. М. Захарик, О. С. Руктешель, А. М. Захарик // Вестник БНТУ. — 2005. — № 6. — С. 61—65.
3. **Захарик, Ю. М.** Способ непрерывного управления сцеплением [Текст] / Ю. М. Захарик // Вестник машиностроения. — 2003. — № 9. — С. 82—85.
4. **Филиппов, И. Б.** Тормозные устройства пневмоприводов [Текст] / И. Б. Филипов. — Л.: Машиностроение, 1987. — 143 с.
5. **Электромеханические** преобразователи гидравлических и газовых приводов [Текст] / Е. М. Решетников и др. — М.: Машиностроение, 1982. — 144 с.

Вниманию читателей!

ООО "ИЗДАТЕЛЬСТВО МАШИНОСТРОЕНИЕ"

принимает подписку на журналы на 2009 г.

Подпишитесь в Издательстве и Вы

- получите журналы с первого номера;
- сэкономите на стоимости почтовой доставки;
- узнаете о новых книгах и журналах Издательства.

Постоянным подписчикам предоставляется скидка на подписку и публикацию рекламных объявлений.

Присылайте заказ и обращайтесь за дополнительной информацией

в отдел продаж, маркетинга и рекламы.

107076, г. Москва, Стромынский пер., д. 4

Тел.: (499) 269-66-00, 269-52-98; факс (499)269-48-97

E-mail: realiz@mashin.ru; www.mashin.ru

А. Л. Ролдугин,
инж.

Формализация требований к звуковым сигнализаторам автомобильных контрольно-диагностических систем

Звуковой сигнализатор предельных параметров и аварийных режимов состояния деталей, узлов, агрегатов и систем автомобиля необходим для дублирования сигналов контрольно-измерительных приборов и информирования водителя. Но он должен отвечать всем требованиям — эксплуатационным, климатическим, надежности, акустики салона, места установки. Все эти требования обоснованы и сформулированы в данной статье.

Ключевые слова: *экономика, техника, критерии.*

К радиоэлектронной аппаратуре, устанавливаемой в автомобиле, предъявляются требования, кажущиеся на первый взгляд непринципиальными, но которые в итоге определяют все ее основные эксплуатационные характеристики. Это требования к техническим параметрам, конструкции, размещению, удобству управления, которые в полной мере могут быть отнесены к звуковым сигнализаторам автомобильных бортовых систем.

Эксплуатационные требования

Звуковой сигнализатор контрольно-диагностической системы (КДС) должен быть установлен так, чтобы обеспечить от случайного травмирования водителя или пассажиров при резком торможении или аварии автомобиля.

Климатические требования

Это требования эксплуатации автомобилей, которые могут находиться в субтропиках и при 40-градусных морозах, в местах с влажным морским или с жарким и сухим климатом и перемещаться из одной природной зоны в другую. Во всех случаях звуковой сигнализатор должен работать надежно. Сигнализатор должен сохранять электрические параметры в широком интервале температур окружающей среды (от –20 до +55 °С) и влажности (до 95 % при +30 °С). Одновременное повышение температуры и влажности приводит к интенсивному окислению паяных соединений, разъемов. Для устранения этого воздействия необходимо применять влагостойкие прокладки в корпусах.

Требования к механической надежности

Автомобиль при движении постоянно подвергается воздействию вибрации и ударным нагрузкам. Поскольку диапазон вибраций достаточно широк, то имеется опасность совпадения частоты вынужденных колебаний с собственной частотой отдельных элементов сигнализатора, что может привести к поломке, нарушению контактов и отказу.

Особенности акустики салона и выбор параметров сигнализатора

Качество звука в салоне (кабине) автомобиля зависит как от характеристик усилителя и излучателя, так и от акустических параметров салона (кабины) автомобиля и уровня шума, возникающего при движении автомобиля.

Электрические параметры звукового сигнализатора выбирают из условия получения минимально необходимой амплитудно-частотной характеристики звука на рабочем месте водителя.

Для контроля звука в условиях повышенного уровня шума при движении автомобиля необходимо, чтобы уровень громкости сигнализатора на 15—25 дБ превышал уровень шума. Уровень шума в автомобиле

зависит от класса машины и ее технического состояния, от скорости движения и покрытия дороги и многих других факторов, включая погодные условия и то, что подняты или нет ветровые стекла. Для отечественных автомобилей уровень шума на неподвижном автомобиле с выключенным двигателем и при поднятых стеклах составляет в городе 35—45 дБ, за городом около 30 дБ.

При движении автомобиля с возрастанием скорости средний уровень шума постепенно увеличивается и при скорости 90 км/ч достигает 95 дБ. Однако воспроизводить полезный сигнал с уровнем 110—120 дБ в этом случае нет необходимости, так как энергетический спектр шума сосредоточен в интервале 30—100 Гц. На частотах выше 200—400 Гц уровень шума падает до 70—75 дБ. Смещение полосы воспроизводимых звуковых сигналов в диапазон 150—12500 Гц позволяет снизить маскирующее действие шумов в салоне движущегося автомобиля и правильно рассчитать уровень звукового давления для нормального прослушивания в салоне (кабине) автомобиля.

Исследования показывают, что на стоянке автомобиля достаточно обеспечить среднее звуковое давление 0,02 Па, а при движении с максимальной скоростью 120—140 км/ч может понадобиться среднее звуковое давление 2 Па.

Звуковое давление P (Па), развиваемое в салоне автомобиля излучателем, жестко связано с подаваемой на него мощностью W (Вт) и стандартным звуковым давлением $P_{ст}$ (то, что развивается при подведении к излучателю электрической мощности $W_{ст} = 0{,}1$ Вт).

$$P = P_{ст}(W/W_{ст})^{1/2} = P_{ст}(W/0{,}1)^{1/2}.$$

Для излучателей, имеющих стандартное звуковое 0,3 Па, чтобы получить звуковое давление 2 ПА, к ним нужно подвести электрическую мощность

$$W = W_{ст}(P/P_{ст})^2 = 0{,}1(2/03)^2 = 4{,}4 \text{ Вт}.$$

Выбор места установки излучателя на автомобиле

Несмотря на то, что металлический кузов автомобиля покрыт шумопоглощающими материалами, затухание звуковых волн в салоне невелико и различно на разных частотах. Это приводит к значительной неравномерности распределения звукового давления в салоне на различных частотах и в разных его точках. Так как качеством обшивки салона практически невозможно улучшить характеристики звука, поэтому главное выбрать правильно место установки излучателя, при котором обеспечиваются минимально необходимая мощность и частота звукового сигнализатора.

Таким образом, требования, предъявляемые к автомобильному сигнализатору бортовой контрольно-диагностической системы:

— получение заданной выходной мощности при соответствующих параметрах сигнализаторов по звуковому давлению;

— формирование требуемой амплитудно-частотной характеристики при заданных частотной характеристике излучателя и распределении звукового давления в салоне автомобиля;

— параметры усилителя звукового сигнализатора не должны меняться от воздействий температуры, влаги, вибрации, ударных нагрузок, при изменении напряжения бортовой сети.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **В помощь** радиолюбителю: Сборник. Выпуск 113. М.: Патриот, 1992, 80 с.
2. **Шепилевский, Г. Б.** Повышение потребительских свойств тракторов средствами автоматического контроля и управления (теоретические и методические основы). Диссертация на соискание ученой степени д-ра техн. наук. Москва, НАТИ, 1997 г.

КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ: *учебник для студентов высших учебных заведений, обучающихся по специальности "Двигатели внутреннего сгорания" направления подготовки "Энергомашиностроение"*

Н.Д. Чайнов, Н.А. Иващенко, А.Н. Краснокутский, Л.Л. Мягков

2008. – 495 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03409-3

Цена 660 р. с НДС

Учебник написан коллективом преподавателей кафедры "Поршневые двигатели" МГТУ им. Н.Э. Баумана – ведущей кафедры страны, отметившей в 2007 г. 100-летие с начала подготовки специалистов по двигателям внутреннего сгорания.

Изложены основы конструирования и современные методы прочностного анализа поршневых и комбинированных двигателей внутреннего сгорания, дан анализ конструкций современных отечественных и зарубежных двигателей, рассмотрены перспективы их развития. Наряду с традиционными методами расчетов на прочность базовых двигателей представлены современные численные методы анализа теплового и напряженно-деформированного состояния элементов двигателей с применением современных информационных технологий.

Для лучшего усвоения материала учебник прекрасно иллюстрирован, в том числе цветными рисунками.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

А. Л. Ролдугин,
Н. А. Поляков,
инженеры

Методы выбора дисплеев (индикаторов) для автомобильных бортовых систем

Дисплеи являются составной частью электрооборудования современного автомобиля. Они используются в качестве устройства вывода информации о состоянии узлов, агрегатов, деталей автомобиля, местоположении автомобиля и в качестве экрана навигационной системы. От правильного выбора дисплея конструктором-проектировщиком зависят безопасность движения, удобство использования, правильное и эффективное восприятие информации водителем.

Ключевые слова: *метод, дисплей, система.*

Качество системы отображения сильно зависит от качества изображения, и неудовлетворительный в этом смысле дисплей будет совершенно непригоден, даже если характеристики всей системы в целом превосходны.

Число параметров, учитываемых при выборе бортовых диагностических систем, можно ограничить совокупностью, приведенной ниже [1]:

яркость фотометрическая;

яркость психологическая;

разрешающая способность;

мелькание;

контраст—коэффициент контраста;

уровень яркости;

размер;

угол наблюдения;

цвет;

четкость;

дрожание (видимое).

Система индикации — это не просто использование какого-либо метода индикации для заданного применения. Система индикации включает в себя:

— подсистему сопряжения водителя с индикатором;

— подсистему управления;

— подсистему индикации.

Правильное проектирование подсистемы сопряжения водителя с индикатором обеспечит своевременную индикацию нужной информации с минимальными искажениями.

Подсистема управления позволяет водителю регулировать изображения, запрашивать дополнительные данные, редактировать информацию и менять ее источники, т. е. водитель может управлять наблюдаемой информацией.

Подсистема индикации включает собственно индикаторное устройство и необходимые схемы [2].

Выбор метода индикации

Выбор метода — лишь один из этапов проектирование систем индикации.

Проектирования системы следует начинать с анализа работы, затем переходить к анализу системы, определению структуры системы и, наконец, к ее детальному анализу.

Факторы системы: надежность; размеры; стоимость; яркость; контрастность. Они используются при выборе надлежащего контроля.

Основные характеристики современных индикаторов даны в табл. 1 [3].

При сопоставлении различных типов индикаторов за основу могут быть приняты требования к "идеальному" индикатору, которые формируются в следующем виде:

Таблица 1

Основные параметры современных индикаторов

Параметр	Электронно-лучевые приборы	Газоразрядные индикаторы	Вакуумно-люминесцентные индикаторы	Электролюминесцентные индикаторы	Полупроводниковые знакосинтезированные индикаторы	Вакуумно-накальные индикаторы	ЖКИ	Электрохромные индикаторы
Яркость, кд/м^2	300	700	2000	5000	3000	10^3	—	—
Контраст	—	—	—	—	—	—	30:1	10:1
Напряжение, В	$25 \cdot 10^3$	100	25	200	1,6	3,5	5	1,5
Потребляемая мощность (на элемент), мВт	—	0,5	20	—	20	60	10—50	2 мВт/см^2
Инерционность, с	10^{-3}	10^{-6}	10^{-3}	10^{-3}	10^{-7}	10^{-3}	10^{-1}	10^{-3}
Диапазон температур, °С	−50÷+80	0...+70	−50÷+80	—	−60÷+75	—	−20÷+50	−20÷+70
Цвет свечения	П	Ж, З, К, С	З, К, С	З	К, О, Ж, З	—	Я, С-З, К, Б, Ж-З	—
Степень интеграции	10^4—10^6	10^4—10^5	10^4	10^4	10^4	4—10	—	—
Долговечность, ч	10^4	$15 \cdot 10^3$	10^4	$5 \cdot 10^3$	$5 \cdot 10^4$	—	$3 \cdot 10^4$	10^6 циклов
Светоотдача, лм/Вт	10—20	0,2—0,4	1—2	1—2	1—2	—	—	—
Встроенная схема управления	—	—	—	—	—	—	HD44780	—

Обозначения: Ж — желтый; З — зеленый; К — красный; О — оранжевый; С — синий; П — полихромный; Я — янтарь; С-З — сине-зеленый; Ж-З — желто-зеленый.

— способность воспроизведению информации любого характера;

— яркостный контраст изображения — не менее 4 : 1 при внешней освещенности от 0 (полная темнота) до 100 000 лк (освещение прямыми солнечными лучами) при малом энергопотреблении;

— совместимость по напряжению питания с интегральными схемами управления, высокое быстродействие и, как следствие, возможность мультиплексного режима управления;

— различные цвета изображения для цветового кодирования информации;

— рабочий диапазон температур (от −60 до +70 °С) стойкость к термоциклированию, влаге, воздействию радиации, вибрациям, ускорениям и ударам;

— срок службы не менее 10000 ч и срок хранения не менее 15 лет;

— минимальные габаритные размеры и масса в пересчете на заданный характер изображения;

— низкая стоимость.

Ни один из существующих классов индикаторов не в состоянии удовлетворить всем перечисленным требованиям, следовательно, претендовать на абсолютное лидерство как сегодня, так и в недалеком будущем.

Принятые рабочие технические условия на дисплеи автомобильных бортовых систем контроля и диагностирования:

— способность воспроизведению информации любого характера;

— яркость;

— напряжение;

— диапазон температур;

— цвет свечения;

— долговечность;

— минимальные габаритные размеры и масса;

— стоимость;

— встроенная схема управления.

С учетом этих требований была составлена матрица для выбора компромиссного решения (табл. 2), в которой желательные характеристики индикаторов соотнесены с возможными методами, заложенными в их основу. Введение для каждой характеристики весовых коэффициентов и указание оценочных коэффициентов, соответствующих каждому методу, позволяют сравнивать итоговые значения. Затем по наибольшему итоговому значению определяют рекомендуемый метод (методы) и структуру системы.

Таблица 2

Матрица для выбора компромиссного решения, касающегося построения проектируемого индикатора автомобильной БСКД

Характеристики индикаторов		Применяемые индикаторы							
Наименование	Весовой коэффициент	Электронно-лучевые приборы	Газоразрядные индикаторы	Вакуумно-люминесцентные индикаторы	Электролюминесцентные индикаторы	Полупроводниковые знакосинтезированные индикаторы	Вакуумно-накальные индикаторы	ЖКИ	Электрохромные индикаторы
Способность воспринимать информации любого характера	10	Высокая (5) 50	Фактически отсутствует (1) 10	Фактически отсутствует (1) 10	Фактически отсутствует (1) 10	Фактически отсутствует (1) 10	Фактически отсутствует (1) 10	Высокая (5) 50	Фактически отсутствует (1) 10
Яркость	10	Приемлемая (3) 30	Приемлемая (3) 30	Высокая (5) 50	Высокая (5) 50	Высокая (5) 50	Высокая (5) 50	Приемлемая (3) 30	Приемлемая (3) 30
Напряжение	8	Высокое (2) 16	Высокое (2) 16	Высокое (2) 16	Высокое (2) 16	Приемлемое (3) 24	Низкое (5) 40	Низкое (5) 40	Приемлемое (3) 24
Диапазон температур, °С	8	Широкий (5) 40	Узкий (2) 16	Широкий (5) 40	Узкий (2) 16	Широкий (5) 40	Узкий (2) 16	Средний (3) 24	Широкий (5) 40
Цвет свечения (диапазон)	3	Узкий (2) 6	Средний (3) 9	Средний (3) 9	Узкий (2) 6	Средний (3) 9	Узкий (2) 6	Широкий (5) 15	Средний (3) 9
Долговечность	6	Приемлемая (3)18	Высокая (5) 30	Высокая (5) 30	Высокая (5) 30	Высокая (5) 30	Приемлемая (3) 18	Приемлемая (3) 18	Высокая (5) 30
Минимальные габаритные размеры и масса	4	Большой (2) 8	Малый (5) 20	Малый (5) 20	Малый (5) 20	Большой (2) 8	Малый (5) 20	Малый (5) 20	Малый (5) 20

Характеристики индикаторов		Применяемые индикаторы							
Наименование	Весовой коэффициент	Электронно-лучевые приборы	Газоразрядные индикаторы	Вакуумно-люминесцентные индикаторы	Электролюминесцентные индикаторы	Полупроводниковые знакосинтезированные индикаторы	Вакуумно-накальные индикаторы	ЖКИ	Электрохромные индикаторы
Стоимость	9	Высокая (3) 27	Низкая (5) 45	Низкая (5) 45	Высокая (3) 27	Высокая (3) 27	Низкая (5) 45	Низкая (5) 45	Низкая (5) 45
Встроенная схема управления	2	Отсутствует (1) 2	Отсутствует (1) 2	Отсутствует (1) 2	Отсутствует (1) 2	Отсутствует (1) 2	Отсутствует (1) 2	Имеется (5) 10	Отсутствует (1) 2
Итого		197	178	222	177	200	207	252	210

Примечание: Цифры в скобках — оценочный коэффициент, далее приводятся баллы, получаемые умножением весового коэффициента на оценочный.

Принимаем: весовой коэффициент 1—10 (для каждой характеристики индикатора); оценочный коэффициент 1—5 (соответствует каждому показателю).

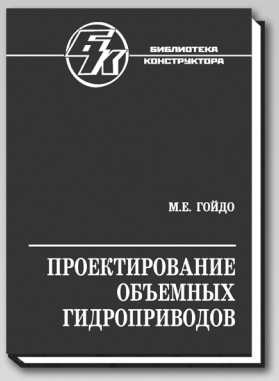
Для рассматриваемой системы логично выбрать матрицу из жидкокристаллического индикатора.

Выводы

Проводя такой анализ, разработчик системы узнает все ее уязвимые места. В тех случаях, когда должны быть выбраны компромиссные решения, он будет в состоянии не только сделать это правильно, но и показать заказчику целесообразность выбранного метода. Даже тогда, когда уже заранее ясно, какой метод будет применяться, анализ системы позволит выделить ее достоинства и скомпенсировать по возможности недостатки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Шерр, С.** Электронные дисплеи [Текст] / С. Шерр. — М.: Мир, 1982. 620 с.
2. **Пул, Г.** Основные методы и системы индикации [Текст] / Г. Пул. Л.: Энергия, 1969. 405 с.
3. **Ермаков, О. Н.** Полупроводниковые знакосинтезирующие индикаторы [Текст] / О. Н. Ермаков, В. П. Сушков. — М.: Радио и связь, 1990. — 239 с.



ПРОЕКТИРОВАНИЕ ОБЪЕМНЫХ ГИДРОПРИВОДОВ

(Библиотека конструктора)

М.Е. Гойдо

2009. – 304 с. ISBN: 978-5-94275-427-3

Цена 440 р. с НДС

Приведены классификация объемных гидроприводов; правила выполнения их схем; математическое описание процессов, происходящих при работе гидроприводов; типовые схемные решения, используемые при проектировании объемных гидроприводов; выбор параметров и исследование характеристики работы объемных гидроприводов различного назначения и исполнения при разных условиях нагружения; применение САПР при проектировании гидроприводов.

Для инженеров-конструкторов, изготовителей, а также обслуживающего персонала гидрооборудования, может быть полезна преподавателям и студентам вузов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:
по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

УДК 629.113/115.004.12

В. И. Копотилов,
канд. техн. наук,
ТВВИКУ

Энергетический КПД автотранспортных средств

Дается обоснование показателя, призванного оценивать энергетическую эффективность колесной машины. Доказывается, что он равен произведению индикаторного КПД двигателя на механический КПД машины. В статье рассматривается влияние количества перевозимого груза, удельной грузоподъемности, режима разгона и других факторов на эффективность использования энергии. Дается оценка верхнему пределу энергетической эффективности колесной машины.

Ключевые слова: *автотранспортные средства, затраты энергии, коэффициент полезного действия.*

Эффективность автотранспортного средства с энергетической точки зрения должна определяться исходя из соотношения полезных ($\Omega_{пол}$) и суммарных (Ω) затрат энергии. Так как энергетическая эффективность колесной машины, в частности автомобиля, тем выше, чем больше доля энергии, затрачиваемой на совершение полезной механической работы, то ее следует оценивать коэффициентом

$$\eta_э = \Omega_{пол}/\Omega, \qquad (1)$$

который может быть назван энергетическим коэффициентом полезного действия.

Полезные энергозатраты ($\Omega_{пол}$) — это та часть общих энергозатрат Ω, которые расходуются на покрытие работы полезных сил сопротивления движению ($A_{пол}$). Другими словами, полезные энергозатраты $\Omega_{пол}$ определяются величиной механической работы, совершаемой полезными силами сопротивления, т. е. $\Omega_{пол} = A_{пол}$.

У АТС с двигателем внутреннего сгорания (ДВС) источником энергии является потребляемое им топливо. Следовательно, суммарные энергозатраты (Ω) определяются той тепловой энергией ($Q_т$), которая соответствует полному сгоранию израсходованного топлива (Q):

$$\Omega = Q_т = 10^6 H_u \rho_т Q, \qquad (2)$$

где H_u — низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг; Q — количество израсходованного топлива, л; $\rho_т$ — плотность топлива, кг/л.

Оценивая энергетическую эффективность автомобиля необходимо четко оговорить, из чего складывается его полезная работа $A_{пол}$. Поскольку назначение автомобиля в самом широком смысле заключается в перемещении грузов и пассажиров, то полезной следует считать механическую работу только тех сил сопротивления его движению, величину которых и предопределяют перевозимый им груз и пассажиры. В этом случае энергия, покрывающая работу таких сил сопротивления, может быть признана теоретически необходимой для осуществления указанного транспортного процесса. При этом работу всех остальных сил сопротивления движению, не связанных непосредственно с грузом (пассажирами), следует считать условно "вредной".

Исходя из этого, к полезным сопротивлениям следует отнести прежде всего силы сопротивления качению P_f, подъему P_α, силы инерции P_j, сопротивления воздуха P_w, а в некоторых случаях и силу сопротивления на крюке $P_{кр}$. При этом у каждой из первых трех сил полезной является не вся величина, а лишь та ее составляющая, которая обусловливается массой или силой тяжести перевозимого груза (пассажиров). Другая же часть силы, обусловленная массой или весом самого автомобиля, должна приниматься в качестве "вредного" сопротивления. Аналогичным образом следует подходить и к силе аэродинамического сопротивления. При этом полезной следует считать ту часть силы аэродинамического сопротивления, которая предопределяется формой и поперечными размерами груза.

Установить величину механической работы $A_{пол}$ полезных сил сопротивления можно по разнице между величиной индикаторной работы двигателя A_i и суммарной работы $A_{вр}$ всех "вредных" сопротивлений, т. е. всех сил сопротивления движению, обусловленных собственно самой колесной машиной

$$A_{пол} = A_i - A_{вр}, \qquad (3)$$

где A_i — индикаторная работа двигателя.

Для того чтобы выразить указанную разницу работ, рассмотрим уравнение силового баланса, соответствующее движению одиночного автомобиля (усилие на крюке $P_{кр} = 0$)

$$P_i = P_д + P_о + P_{тр} + P_f + P_\alpha + P_w + P_j, \quad (4)$$

где $P_д$, $P_о$, $P_{тр}$ — соответственно приведенные к оси ведущих колес силы сопротивления двигателя, вспомогательного оборудования и трансмиссии.

Если автомобиль перевозит груз, то его влияние сказывается через увеличение прежде всего тех сил, которые отмечались выше (силы сопротивления качению P_f, подъему P_α, воздуха P_w и инерции P_j). Разумеется, имеется некоторое опосредованное влияние массы груза и на значения других сил сопротивления движению ($P_д$, $P_о$, $P_{тр}$). Однако степень этого влияния на порядок ниже, чем влияние на силы P_f, P_α, P_w и P_j, поэтому некоторым изменением этих сил, особенно сил $P_д$ и $P_о$, можно пренебречь.

Если считать, что сила тяжести G автотранспортного средства не влияет на коэффициент сопротивления качению f, то наличие груза массой $m_{гр}$ обусловливает силу сопротивления качению

$$\Delta P_f = m_{гр} g f. \quad (5)$$

Сила сопротивления подъему, обусловленная весом груза, выражается формулой

$$\Delta P_\alpha = \pm m_{гр} g \sin\alpha. \quad (6)$$

Сила инерции, воспринимаемая колесной машиной, определяется массой груза:

$$\Delta P_j = \pm m_{гр} j. \quad (7)$$

В отдельных случаях наличие груза может вызывать значительное изменение обтекаемости автомобиля (Δw, Нс^2/м^2). В таких случаях надо учитывать силу аэродинамического сопротивления, создаваемую перевозимым грузом,

$$\Delta P_w = \Delta w V^2, \quad (8)$$

где V — скорость автомобиля.

Отметим, что в подавляющем количестве случаев груз не оказывает ощутимого влияния или вовсе не влияет на фактор обтекаемости АТС ($\Delta w = 0$), поэтому, как правило, можно принять, что $\Delta P_w = 0$.

Уточнив силы полезного сопротивления, определим энергетический КПД автомобиля.

Определим мгновенный КПД автомобиля, т. е. КПД $\eta_э$ относящийся к бесконечно малому промежутку времени.

Если автомобиль пройдет элементарный путь длиной dS (м) и израсходует при этом топливо в количестве dQ (л), то величина мгновенного энергетического КПД может быть выражена формулой:

$$\eta_э = \frac{dA_{пол}}{10^6 H_u \rho_т dQ}. \quad (9)$$

Элементарное количество топлива dQ выразим через мгновенный путевой расход топлива автомобилем q_s (л/100 км):

$$dQ = 10^{-5} q_s dS, \quad (10)$$

а элементарную полезную работу $dA_{пол}$ — через сумму сил полезного сопротивления

$$dA_{пол} = (\Delta P_f + \Delta P_\alpha + \Delta P_j + \Delta P_w) dS. \quad (11)$$

Используя выражения (10) и (11), энергетический КПД одиночного автомобиля выразим формулой:

$$\eta_э = \frac{\Delta P_f + \Delta P_\alpha + \Delta P_j + \Delta P_w}{10 H_u \rho_т q_s}. \quad (12)$$

Если в полученную формулу подставить выражения полезных сил сопротивления (5), (6), (7) и при-

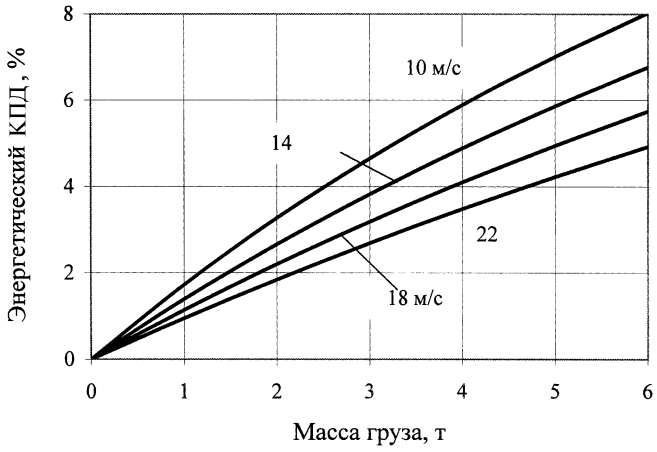


Рис. 1. Влияние массы перевозимого груза на энергетический КПД грузового бензинового автомобиля грузоподъемностью 6 т при его равномерном движении на высшей передаче

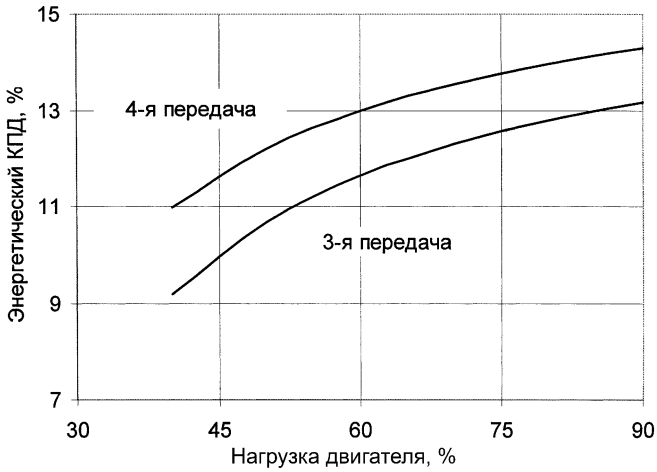


Рис. 2. Влияния нагрузки двигателя (подачи топлива) на энергетический КПД грузового бензинового автомобиля при его ускорении с грузом 6 т

нять, что $\Delta P_w = 0$, то формула мгновенного КПД примет вид:

$$\eta_э = \frac{(\psi a + j)m_{гр}}{10 H_u \rho_т q_s}. \qquad (13)$$

Из формулы (13) следует, что энергетическая эффективность автомобиля, в первую очередь, зависит от массы перевозимого груза. Влияние этого фактора на КПД автомобиля наглядно иллюстрируют графики зависимости $\eta_э$ от $m_{гр}$, построенные для равномерного движения грузового бензинового автомобиля грузоподъемностью 6 т по горизонтальной асфальтобетонной дороге (рис. 1).

Как следует из рис. 1, доля энергии топлива, расходуемая на перемещение груза, не превышает 8 %. При отсутствии груза энергетическая эффективность автомобиля равна нулю ($\eta_э = 0$). Это логично, поскольку автомобиль как энергетическая машина полезной работы не совершает, а вся энергия топлива расходуется на покрытие работы "вредных" сил сопротивления движению.

При разгонах ($j > 0$) важным фактором, определяющим энергетический КПД автомобиля, является величина его ускорения. Увеличение интенсивности разгона приводит не только к возрастанию сил полезного сопротивления, но и к повышению расхода топлива, следовательно, общих затрат энергии на единицу пробега, поэтому следует ожидать лишь умеренного прироста энергетического КПД. Это подтверждают кривые зависимости КПД $\eta_э$ от величины подачи топлива (рис. 2) для того же грузового автомобиля. Они свидетельствуют о том, что при увеличении подачи топлива, т. е. повышении интенсивности разгона, энергетический КПД автомобиля возрастает и достигает примерно 14 %. Как показывает математический анализ, причиной этого является уменьшение доли внутренних механических потерь, прежде всего в двигателе, вследствие возрастания индикаторной силы тяги.

Для того чтобы выявить роль индикаторной силы тяги P_i и экономичности двигателя автомобиля, преобразуем формулу (12). Для этого подставим в нее выражение путевого расхода топлива:

$$q_s = P_i / 10 \rho_т \eta_i H_u.$$

После сокращений формула (12) принимает следующий вид:

$$\eta_э = \frac{(\psi a + j)m_{гр}}{P_i} \eta_i. \qquad (14)$$

Как следует из формулы (14), кроме указанных выше факторов (ψ, j, $m_{гр}$), энергетическую эффективность автомобиля определяют индикаторный КПД двигателя η_i и индикаторная сила тяги P_i, развиваемая автомобилем.

Проанализируем влияние последних факторов на эффективность использования энергии. Для этого, воспользовавшись формулой

$$j = \frac{P_i - \Sigma P_k^c}{m\delta + m_{гр}},$$

где P_k^c — сила сопротивления; m — масса автомобиля; δ — коэффициент учета вращающихся масс, заменим в формуле (14) ускорение, в результате чего после преобразований получим следующее выражение для КПД:

$$\eta_э = \eta_i \frac{m_{гр}}{m\delta + m_{гр}} \left[1 - \frac{\Sigma P_k^c - P_\psi^{пр}}{P_i} \right], \qquad (15)$$

где $P_\psi^{пр} = (m\delta + m_{гр})g\psi$ — сила сопротивления дороги, соответствующая полной приведенной массе разгоняющегося автомобиля.

Из формулы (15) следует, что при увеличении индикаторной силы тяги энергетический КПД возрастает, что обусловлено уменьшением доли "вредных" сопротивлений.

Выражение (15) позволяет оценить верхний предел энергетического КПД при ускоренном движении. Чтобы найти этот предел, предположим, что индикаторная сила тяги может неограниченно расти ($P_i \to \infty$), тогда

$$\eta_{э\,max} = \lim_{P_i \to \infty} \eta_i \frac{m_{гр}}{m\delta + m_{гр}} \left[1 - \frac{\Sigma P_k^c - P_\psi^{пр}}{P_i} \right] = \eta_i \frac{m_{гр}}{m\delta + m_{гр}}. \qquad (16)$$

Формула (16) позволяет утверждать, что верхний предел энергетической эффективности ускоренного движения автомобиля определяется индикаторным КПД его двигателя η_i, а также отношением массы перевозимого груза $m_{гр}$ к приведенной массе автомобиля с грузом $m\delta + m_{гр}$. Учитывая, что у одиночных автомобилей соотношение $m_{гр}/m$ находится в пределах от 0 до 1,5 можно утверждать, что $\eta_{э\,max}$ может достигать в лучшем случае 50—55 % индикаторного КПД их двигателя.

Это означает, что при ускоренном движении грузового автомобиля с бензиновым двигателем $\eta_{э\,max}$ составляет около 16—17 %, а с дизелем 20—23 %.

Формула (16) не только раскрывает роль индикаторного КПД ДВС и массы груза, но и помогает оценить влияние других факторов, в частности, фактора удельной грузоподъемности автомобиля ($\sigma_y = m_{гр}/m$) и передаточного отношения трансмиссии ($i_{тр}$). Наглядное представление о влиянии двух последних факторов на предельное значение энергетического КПД грузовых дизельных автомобилей дает график на рис. 3.

Характер представленных зависимостей указывает на то, что уменьшение передаточного отношения трансмиссии автомобиля (повышение передачи) и увеличение удельной грузоподъемности, т. е. облегчение конструкции, ведет к значительному повышению предельного значения коэффициента его энергетической эффективности.

Рассмотрим интегральный КПД автомобиля. Он характеризует средний уровень эффективности использования энергии на заданном интервале пробега.

Исходя из выражения (1) и учитывая выражения (2) и (3), интегральное значение энергетического КПД можно выразить формулой:

$$\eta_э = \frac{A_i - A_{вр}}{10^6 H_u \rho_т Q}. \qquad (17)$$

Если работу индикаторной силы тяги A_i измерять в джоулях, то количество израсходованного автомобилем топлива можно выразить через индикаторную работу и удельный индикаторный расход топлива q_i (л/100 Н · км), т. е. формулой $Q = 10^{-5} q_i A_i$. Используя последнюю формулу (17) приведем к следующему виду:

$$\eta_э = (A_i - A_{вр})/10 H_u \rho_т q_i A_i. \qquad (18)$$

Так как $q_i = 1/10 H_u \rho_т \eta_i$, то

$$\eta_э = (1 - A_{вр}/A_i)\eta_i = \eta_м \eta_i, \qquad (19)$$

где $\eta_м = 1 - A_{вр}/A_i$ — механический КПД автомобиля, выражающий долю полезной работы, совершаемой индикаторной силой тяги.

Таким образом, энергетический КПД автомобиля определяется произведением его механического КПД на индикаторный КПД двигателя.

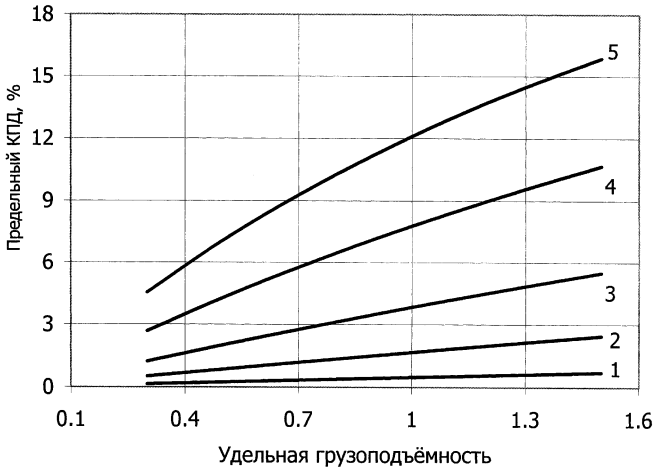


Рис. 3. Влияние удельной грузоподъемности на предельное значение энергетического КПД грузового дизельного автомобиля при его ускоренном движении:

1—5 — передачи

Работу $A_{вр}$ "вредных" сил сопротивления можно разделить на сумму работ внутренних (A_1) и внешних (A_2) сил сопротивления движению самого автомобиля. Тогда формула (19) примет вид:

$$\eta_э = (1 - \xi_1 - \xi_2)\eta_i, \qquad (20)$$

где ξ_1 и ξ_2 — средние значения коэффициентов внутренних и внешних сопротивлений (потерь).

Коэффициенты ξ_1 и ξ_2 выражают доли соответственно внутренних и внешних механических потерь, возникающих при движении автомобиля. Их значения определяются формулами:

$$\xi_1 = (A_д + A_о + A_{тр} + A_ш)/A_i, \qquad (21)$$

$$\xi_2 = (A_f + A_о + A_w + A_j)/A_i, \qquad (22)$$

где $A_д$, $A_о$, $A_{тр}$ и $A_ш$ — работа сил сопротивления ДВС, вспомогательного оборудования, трансмиссии и сил внутреннего трения в шинах.

Таким образом, эффективность автотранспортного средства как некоторой энергетической машины может быть оценена его энергетическим КПД $\eta_э$. Будучи безразмерным показателем $\eta_э$ отражает КПД шасси и двигателя и является по сути комплексным критерием энергетической эффективности автотранспортного средства.

УДК 629.113-585

Н. Н. Гурский,
Ан. М. Захарик,
Ал. М. Захарик,
кандидаты техн. наук

Моделирование колебаний колесных машин

(Рисунки см. на 2-й и 3-й полосах обложки)

Рассматриваются вопросы моделирования колебаний колесных машин, представлена математическая модель многоосной колесной машины, приведены основные геометрические и физико-механические параметры седельного тягача, результаты анализа колебательных процессов ускорений центра масс седельного тягача и вероятностей неотрывов колес при движении по заданному случайному микропрофилю дороги.

Ключевые слова: *амортизатор, анализ, исследование, колебательный процесс, моделирование, распределение, расчетная схема, связи, начальные условия, транспортное средство, трение, характеристики.*

Введение. Сложные колебательные процессы, возникающие при движении автомобиля по неровным дорогам, оказывают влияние на все основные эксплуатационные свойства машины: комфортность и плавность хода, устойчивость и управляемость, другие свойства, определяющие ее безопасность, комфортность, надежность и экономичность. Перечисленные показатели машины во многом зависят от системы подрессоривания отдельных узлов и агрегатов и в целом всей машины, обеспечивающей виброзащиту перевозимых грузов, водителя и элементов машины.

Развитие транспортных средств сопровождается непрерывным повышением требований к виброзащитным устройствам. Создание амортизирующих устройств, способных защитить объекты от вибраций и ударов и, вместе с тем, обладающих ограниченными размерами, является достаточно сложной технической проблемой. В связи с этим первостепенное значение приобретают вопросы теории и расчета виброзащитных систем.

Ниже рассматриваются вопросы моделирования и анализа колебательных процессов с помощью системы поддержки принятия решений ADMOS [2] на примере колесной машины Минского автомобильного завода.

Методика моделирования. Пространственное движение в общем случае многоосной машины, рассматриваемой в виде системы сосредоточенных масс, объединенных упругими и диссипативными безынерционными связями, и учитывающей линейные вертикальные и угловые продольные и поперечные колебания подрессоренной массы и вертикальные линейные неподрессоренных масс относительно положения статического равновесия, описывается системой уравнений:

$$\left.\begin{aligned}
&M\ddot{z} + \sum_{l=1}^{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{3} P_{jil} = 0;\\
&J_y\ddot{\varphi} + \sum_{l=1}^{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{3} l_{il}P_{jil} = 0;\\
&J_x\ddot{\varphi} + \sum_{l=1}^{2}\sum_{i=1}^{n}\sum_{j=1}^{3} b_{il}P_{jil} = 0;\\
&m_{il}\ddot{z}_{il} - (P_{1il} + P_{2il} + P_{3il}) +\\
&+ P_{4il} + P_{5il} = 0.
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

$l = 1, 2;\ i = \overline{1n};\ \ j = 1, 2, 3$

с начальными условиями при $t \geqslant t_0$:

$$z|_{t=t_0} = z_0,\ \dot{z}|_{t=t_0} = \dot{z}_0,$$

$$\varphi|_{t=t_0} = \varphi_0,\ \dot{\varphi}|_{t=t_0} = \dot{\varphi}_0,$$

$$\psi|_{t=t_0} = \psi_0,\ \dot{\psi}|_{t=t_0} = \dot{\psi}_0,$$

$$z_{il}\big|_{t=t_0} = z_{0il},\ \dot{z}_{il}\big|_{t=t_0} = \dot{z}_{0il};$$

$$i = \overline{1n},\ l = 1, 2,$$

где M — подрессоренная масса; J_y — момент инерции подрессоренной массы относительно оси тангажа, J_x — момент инерции подрессоренной массы относительно оси крена; l — индекс борта; i — индекс номера опоры; j — индекс типа упруго-диссипативного элемента ($j = 1$ — упругий элемент, $j = 2$ — амортизатор, $j = 3$ — условный элемент трения без смазочного материала); P_{jil} — нелинейная характеристика восстанавливающей силы элемента il-й подвески; l_{il} — расстояние по горизонтали от центра масс до il-й оси (моста); b_{il} — расстояние в поперечной плоскости от центра il-го колеса до вертикальной плоскости, про-

ходящей через ось крена, P_{4il}, P_{5il} — соответственно диссипативная и упругая силы в il-й шине в нормальном направлении; m — масса подвижного элемента; $\ddot{z}$ — относительное перемещение подрессоренных масс; ψ и φ — углы перемещения подрессоренной массы.

Относительные перемещения и скорости, являющиеся аргументами для вычисления упруго-диссипативных сил в элементах il-й подвески P_{jil} ($j = 1, 2, 3$), имеют вид:

$$\Delta_{il} = z + l_{il}\varphi + b_{il}\psi - z_{il},\ \dot{\Delta}_{il} = \\ = \dot{z} + l_{ij}\dot{\varphi} + b_{il}\dot{\psi} - \dot{z}_{il},$$

а соответствующие аргументы для сил P_{jil} ($j = 4, 5$) il-го колеса:

$$\delta_{il} = z_{il} - q_{il},\ \dot{\delta}_{il} = \dot{z}_{il} - \dot{q}_{il}.$$

Расчетная схема многоосной машины с принятыми обозначениями показана на рис. 1. Характеристики упруго-диссипативных элементов, связывающие сосредоточенные массы, могут быть существенно нелинейными. В зависимости от целей исследований могут приниматься различные схемы, отличающиеся точностью представления в них частей и агрегатов машины. Например, к данной расчетной схеме могут быть добавлены элементы вторичного подрессоривания (кабина, платформа, сиденье водителя и т. д.).

На рис. 2 приведена типовая компьютерная расчетная схема семейства двухосных машин, содержащаяся в базе данных упомянутой выше системы принятия решений и настроенная на класс машин МАЗ. Под настройкой понимается масштабируемый внешний облик с заданным числом осей, структурами подвесок, наличием узлов и агрегатов вторичного подрессоривания, типовыми характеристиками (линейными, нелинейными, табличными) упруго-диссипативных элементов. В процессе работы с данной схемой машины в визуальном режиме могут быть изменены соответствующие параметры, определяющие указанные характеристики. Аналогично задаются необходимые геометрические размеры, массово-инерционные величины, условия движения в заданной внешней среде.

Основные параметры динамической модели седельного тягача, используемые в расчетах, приведены в таблице.

Оценка и результаты моделирования. Предварительную оценку динамических качеств машины можно получить по результатам свободных вертикальных и продольно-угловых колебаний подрессоренной части (рис. 3), определяемым начальными условиями соответственно $z|_{t=0} = 0{,}1$ м и $\varphi|_{t=0} = 0{,}1°$. Из рис. 3 видно, что частоты собственных демпфированных вертикальных ($f = 1{,}2$ Гц) и продольно-угловых ($f = 1{,}04$ Гц) колебаний достаточно близки. На продольно-угловые колебания заметное влияние оказывают силы трения

Таблица

Основные параметры модели машины

Параметры	1-я ось	2-я ось
Шасси		
Расстояние между осями, м	3,6	
Расстояние между колесами в поперечной плоскости, м	1,8	1,8
Неподрессоренная масса, кг	120	660
Подрессоренная масса *M*, кг	17 170	
Момент инерции I_y, кг · м^2	48 000	
Момент инерции I_x, кг · м^2	5000	
Упругие элементы подвески		
Динамический ход общий, м	0,23	0,23
Динамический ход сжатия, м	0,09	0,09
Динамический ход отбоя, м	0,14	0,14
Жесткость упругого элемента, Н/м	230 000	400 000
Диссипативные элементы		
Коэффициент сопротивления амортизатора, Н · с/м:		
на ходе сжатия	10 000	15 000
на ходе отбоя	14 000	20 000
Трение без смазочного материала, % к статическому весу	5	5
Шины		
Нормальная жесткость шины, Н/м	400 000	800 000
Коэффициент диссипации в шине в нормальном направлении, Н · с/м	1000	4000

без смазочного материала, блокируя возврат затухающих угловых колебаний к нулевому уровню.

Представленные графики свободных колебаний свидетельствуют о достаточно эффективной совместной работе амортизаторов и трения в подвеске машины.

Приведенные на рис. 4 амплитудно-частотные характеристики ускорений в центре масс седельного тягача позволяют определить влияние амортизаторов и величины трения в подвеске на колебания и динамику системы подвески корпуса автомобиля. На рис. 4 приняты следующие обозначения: А — наличие амортизатора на оси ($x = 0$ — нет, $x = 1$ — есть, например, 1—0 соответствует наличию амортизатора на 1-й оси, его отсутствию на 2-й), аналогично С — трение без смазочного материала, х — наличие, 0 — отсутствие в подвеске машины.

Как видно из рис. 4, кривая (А = 0—0, С = 0) позволяет наблюдать уровни ускорений, если бы в системе подрессоривания отсутствовали какие-либо диссипативные силы. В этом случае на частоте 1,2 Гц отмечается низкочастотный резонанс. Резонансные явления высокочастотного характера связаны с колебаниями неподрессоренных масс, так частота 7,8 Гц — это частота колебаний заднего моста, передний мост совершает колебания на частоте, близкой к 14 Гц.

Распределения уровней ускорений по частотам вынужденных колебаний для остальных случаев достаточно хорошо видны из представленных графических

зависимостей. Необходимо отметить, что полное включение диссипативных элементов снижает уровни ускорений в резонансных зонах и увеличивает их значения в межрезонансных областях. В общем наблюдается эффект сглаживания ускорений, при этом использование амортизаторов эффективно на низких частотах, а на высоких частотах их включение ухудшает виброзащитные свойства автомобиля.

Наряду с проведением амплитудно-частотного анализа при детерминированных внешних возмущениях, комплекс ADMOS дает возможность оценить свойства автомобиля как динамической системы с помощью статистических характеристик. Рассмотрим движение седельного тягача по дороге со случайным микропрофилем, реализация которого формируется с помощью дискретного алгоритма, основанного на фильтрации белого шума линейным фильтром с заданной корреляционной функцией. Математическая модель корреляционной функции, достаточно хорошо аппроксимирующая различные типы микропрофилей дорог, представляется выражением:

$$R_q(\tau) = A_1\sigma^2 e^{-\alpha_{1e}|\tau|} + A_2\sigma^2 e^{-\alpha_{2e}|\tau|}\cos\beta_e\tau, \quad (2)$$

где α_{1e}, α_{2e}, β_e — параметры корреляционной функции; σ — среднее квадратичное значение высоты неровности формируемой реализации; $A_1 + A_2 = 1$.

Проведем исследование на грунтовой дороге, корреляционная функция которой имеет вид

$$R_q(\tau) = 0{,}65e^{-0{,}11|\tau|} + 0{,}35e^{-0{,}15|\tau|}\cos 0{,}36\tau.$$

На рис. 5 приведены результаты вычислительного эксперимента по вероятностям неотрывов колес передней и задней осей тягача при его движении по данной грунтовой дороге в скоростном интервале 5— 110 км/ч. Для сравнения показано влияние средних квадратичных значений высот неровностей (σ) на вероятности неотрывов колес. Моделирование проводилось для двух уровней возмущений: $\sigma_1 = 0{,}03687$ м, $\sigma_2 = 0{,}6687$ м.

Как видно, вероятность неотрыва колес переднего моста выше, чем колес заднего моста. Эта разница несколько увеличивается при повышении уровня возмущающего воздействия со стороны дороги. В целом, можно отметить, что данная дорога является достаточно тяжелой для исследуемого седельного тягача, на что указывают отрывы колес на минимальной скорости.

Заключение. Следует отметить, что наряду с рассмотренными выше задачами компьютерного исследования колебаний колесных машин, система поддержки принятия решений ADMOS позволяет также решать задачи корреляционного, спектрального, октавного, третьоктавного, энергетического анализов, оптимизации параметров машины, связанными с колебательными процессами, графические операции обработки результатов вычислений, автоматизированное формирование документов в формате Word.

Вывод. Комплексное исследование динамических процессов, влияющих на основные эксплуатационные свойства колесной машины, представляется возможным выполнить с помощью системы поддержки принятия решений ADMOS. Некоторые результаты анализа колебаний седельного тягача с помощью этой системы, изложены в данной статье.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гурский, Н. Н.** Моделирование и оптимизация колебаний многоопорных машин: монография [Текст] / Н. Н. Гурский, Р. И. Фурунжиев. Мн.: Изд. БИТУ, 2008. — 296 с.
2. **Фурунжиев, Р. И., Гурский, Н. Н.** Программное обеспечение моделирования и оптимизации динамических систем ADMOS. РосПАТЕНТ. Свидетельство об официальной регистрации программы для ЭВМ № 2000610671 от 21 июля 2000 г. (Copyright of the ADMOS).
3. **Силаев, А. А.** Спектральная теория подрессоривания транспортных машин [Текст] / А. А. Силаев. — М.: Машгиз, 1963. — 168 с.
4. **Смирнов, Г. А.** Теория движения колесных машин [Текст] / Г. А. Смирнов. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
5. **Динамика** системы "дорога—шина—автомобиль—водитель" [Текст] / А. А. Хачатуров, В. Л. Афанасьев, В. С. Васильев и др. Под ред. А. А. Хачатурова. — М.: Машиностроение, 1976. — 535 с.
6. **Фурунжиев, Р. И.** Автоматизированное проектирование колебательных систем [Текст] / Р. И. Фурунжиев. — Мн.: Выш. шк., 1977. — 458 с.
7. **Фурунжиев, Р. И.** Проектирование оптимальных виброзащитных систем [Текст] / Р. И. Фурунжиев. — Мн.: Выш. шк., 1971. — 320 с.
8. **Яценко, Н. Н.** Плавность хода грузовых автомобилей. [Текст] / Н. Н. Яценко, О. К. Прутчиков. — М.: Машиностроение, 1969. — 220 с.

А. Л. Ролдугин,
инж.,
Е. А. Поляков,
инж.,
МГТУ "МАМИ"

Критерии выбора аппаратных и программных средств бортовой электросистемы контроля и диагностирования автомобиля

Бортовая система контроля и диагностирования автомобиля может быть реализована аппаратными средствами, т. е. с помощью аналоговой или цифровой электроники или аппаратно-программными средствами, т. е. на микропроцессорах или микроконтроллерах. Для выбора технических средств конструктору предложен алгоритм выбора. А экономическую эффективность выбора можно определить с помощью предлагаемых эмпирических формул.

Ключевые слова: *метод, дисплей, система.*

Бортовая электросистема контроля и диагностирования автомобиля (БСКД) в зависимости от технического задания может быть реализована как аппаратным, так и аппаратно-программными средствами. В этом случае перед разработчиками БСКД встает вопрос, как экономически выгоднее реализовать устройство, если технически изделие реализуемо как на цифровых и аналоговых микросхемах, так и на микроконтроллере (МК).

Для этого необходимо рассчитать затраты на каждую разработку — капиталовложения (К) и себестоимость для обоих вариантов. При этом допускаем, что срок службы изделий одинаков и соответствует нормальному пробегу автомобиля, а также одинакова программа выпуска.

Себестоимость каждого изделия (С) будет определяться стоимостью элементной базы, технологических материалов и затрат на изготовление.

Капиталовложения на разработку бортовой электросистемы при аппаратной реализации

$$K_A = K_{р.А.\ С} + K_{т.о.п.п} + K_к, \quad (1)$$

где $K_{р.А.\ С}$ — капиталовложения на разработку аппаратных средств; $K_{т.о.п.п}$ — капиталовложения на технологическое оборудование для производства печатных плат; $K_к$ — затраты на комплектующие.

При программной реализации:

$$K_П = K_{А.\ С} + K_{Т.\ О} + K_к + K_{отл} + K_{П.\ О}, \quad (2)$$

где $K_{А.\ С}$ — затраты на разработку аппаратных средств; $K_{Т.\ О}$ — затраты на технологическое оборудование; $K_к$ — затраты на комплектующие; $K_{отл}$ — затраты на комплексные отладочные средства БСКД; $K_{П.\ О}$ — затраты на разработку программного обеспечения.

Схема сравнительной экономической эффективности БСКД, разработанной на микросхемах и на контроллере, приведена на рисунке.

Если

$$K_A < K_П$$

$$C_A > C_П,$$

тогда показатель эффективности

$$E = \frac{C_A - C_П}{K_П - K_A}, \ \frac{\text{руб. эфф.}}{\text{руб. затр.}}.$$

Если

$$K_A > K_П,$$

$$C_A < C_П.$$

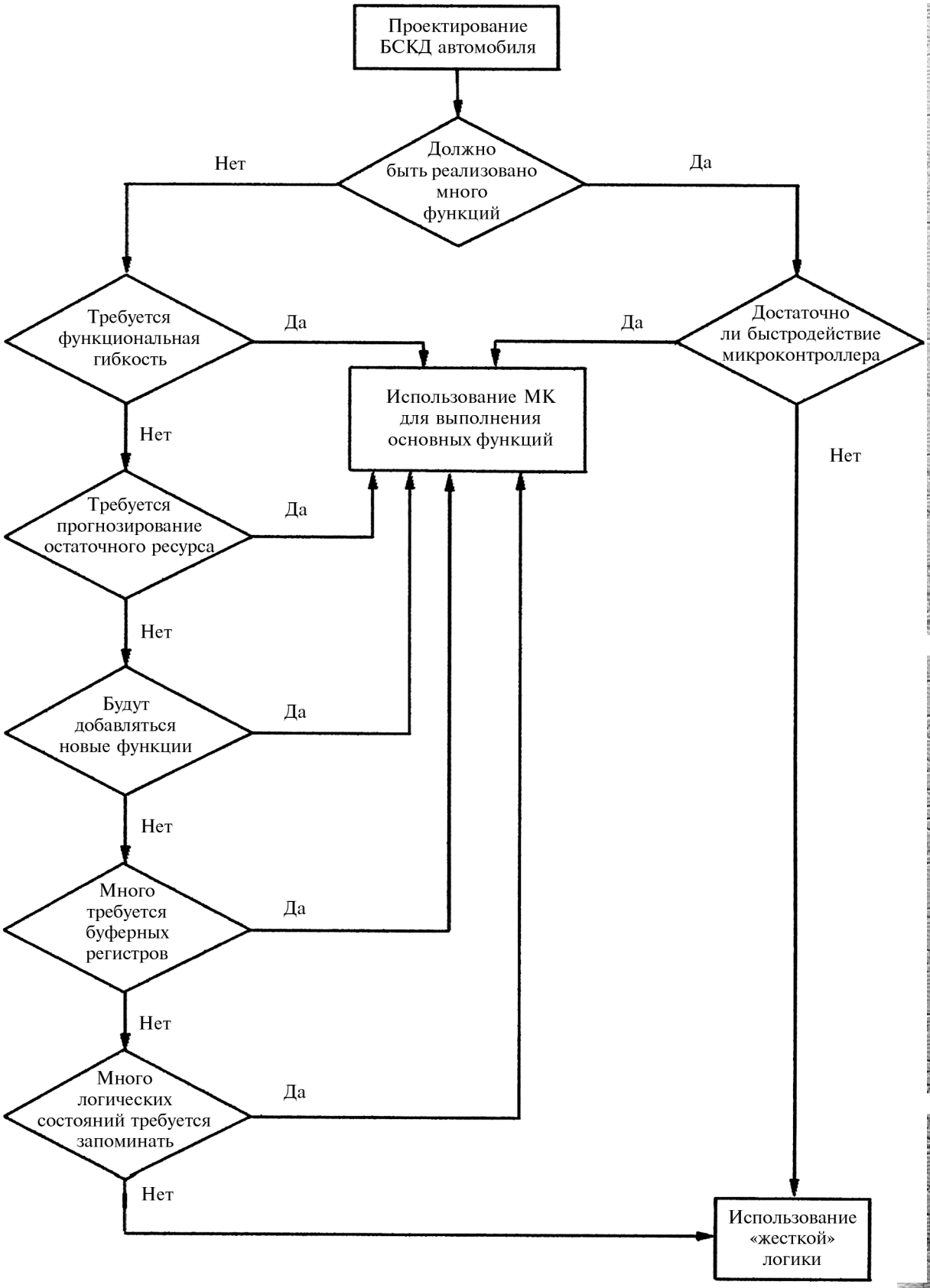


Схема выбора аппаратных и программных средств БСКД автомобиля

тогда

$$E = \frac{C_П - C_А}{K_А - K_П}, \frac{\text{руб. эфф.}}{\text{руб. затр.}}.$$

Если

$$K_А < K_П,$$

$$C_А < C_П,$$

тогда

$$E = \frac{C_П - C_А}{K_П - K_А}, \frac{\text{руб. эфф.}}{\text{руб. затр.}}.$$

Период (число лет), за который можно капитальные вложения окупить, это величина обратная Е:

$$T_{ок} = \frac{1}{E}.$$

Таким образом можно оценить соотношение между реализацией БСКД аппаратными и программными средствами.

Однако, что задание на проектирование может быть поставлено иначе, т. е. если требуется дальнейшее расширение функций устройства, функциональная гибкость, вычислительные операции для прогнозирования остаточного ресурса, тогда можно воспользоваться алгоритмом, приведенным на рисунке.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Быков, Т. Д.** Курс лекций по экономике радиоэлектронной промышленности [Текст] / Т. Д. Быков. — М., МГОУ, 1991.
2. **Фридмен, М.** Проектирование систем с микрокомпьютерами [Текст] / М. Фридмен, Л. Ивенс. — М., Мир, 1986, 405 с.

В Набережных Челнах прошли переговоры руководства и специалистов ОАО "КАМАЗ" с делегацией ОАО "Газпром Нефть"

Представители нефтегазового гиганта России в марте 2009 г. встретились с генеральным директором ОАО "КАМАЗ" Сергеем Когогиным и министром экономики и промышленности Республики Татарстан Равилем Зариповым.

Характеризуя положение автомобильной промышленности России и ее флагмана — "КАМАЗа", Сергей Когогин сказал: "Сейчас у нас каждый заказчик и покупатель — на вес золота. Вы же, нефтяники и газовики, корпоративные клиенты и государственный сектор — наша платина. Еще вчера было время продавца, а всегодня — уже время покупателя. И вряд ли все автозаводы — не только в России и других странах СНГ, но и во всем мире — в этой острой конкурентной борьбе смогут пережить кризис. Но "КАМАЗ" был, есть и останется".

Генеральный дирекор рассказал о мерах государственной поддержки автопрома и собственных усилиях компании по стимулированию потребительского спроса и помощи своим клиентам. Сегодня "КАМАЗу" важно из первых рук и своевременно получать информацию о всех потребностях своих покупателей.

Равиль Зарипов напомнил о преимуществах работы с "КАМАЗом", которые в нынешних условиях становятся еще более значимымми. В их числе татарстанский министр отметил широко разветвленную и современную сеть продаж и сервиса, а также наиболее полный модельный ряд спецтехники. Это обстоятельство имеет для северян и сибиряков особое значение ввиду удаленности их производственных объектов от крупных промышленных центров. Он представил нефтяникам и новые возможности их сотрудничества и сдругими предприятиями Татарстана как одного из наиболее развитых в промышленном отношении регионов.

Учитывая, что многие члены делегации "Газпром Нефти" приехали на "КАМАЗ" впервые, была предложена обширная и содержательная программа работы. Выступавшие с докладами на презентации возможностей "КАМАЗа" рассказали о продуктовом портфеле ОАО "КАМАЗ" для корпоративных клиентов, перспективах развития автомобильной техники "КАМАЗ" для нефтегазодобывающей отрасли, сервисном сопровождении автомобилей КАМАЗ, предложениях ОАО "КАМАЗ" по обновлению автопарка предприятий с примененем схем "Трейд Ин" и капитального ремонта.

"РариТЭК" также предлагает северянам и сибирякам "переходный вариант" — автомобили КАМАЗ, работающзие в дизельном и газодизельном режимах. Это позволяет эксплуатировать автомтехнику даже в отдаленных районах с минимальным количеством заправочных станций.

Члены делегации ОАО "Газмпром Нефть" с удовлетворением отметили, что получили об автогиганте подробную информацию и установили деловые связи, которые наверняка будут полезными в бизнесе.

(По материалам отдела по связям с общественностью ОАО "КАМАЗ")

Х. А. Фасхиев,
д-р техн. наук,
ОАО "КАМАЗ"

Обоснование экономической эффективности освоения производства комплектующих изделий

Разработана методика расчета экономической эффективности освоения производства комплектующих изделий на автосборочном заводе. Приведен пример расчета экономической эффективности освоения производства в ОАО "КАМАЗ" гипоидных зубчатых колес главных передач магистральных тягачей.

Ключевые слова: *инвестиции, экономическая эффективность, жизненный цикл инвестиций, дисконтированный денежный поток, чистая текущая стоимость, гипоидные зубчатые колеса, главная передача, объем выпуска.*

Современный грузовой автомобиль состоит более чем из 20 тыс. деталей, и при их разработке и освоении производства часто возникает вопрос, организовать ли выпуск комплектующих изделий на сборочном производстве или закупить их на стороне. От правильного решения данной проблемы существенно зависят цена, сроки освоения производства и объем инвестиций на новую модель, следовательно, ее экономическая эффективность, конкурентоспособность. Например, если российские грузовые автомобили комплектовать импортными силовыми агрегатами, то их цена возрастает на 30—50 % по сравнению с автомобилем с отечественным силовым агрегатом. Расчеты показывают, что при этом снижается экономическая эффективность автомобиля за жизненный цикл у потребителя, возрастает срок окупаемости.

Проблема выбора варианта покупки комплектующих на стороне или производства самим предприятием для российских автомобилестроителей особенно актуальна. Это обусловлено тем, что, во-первых, темпы роста цен на комплектующие, при недостаточной конкуренции на рынке поставок существенно выше, чем темпы роста цен на конечную готовую продукцию, во-вторых, в связи с сокращением производства грузовых автомобилей в 90-е годы прошлого века почти в 5 раз загруженность мощностей на многих автосборочных заводах очень низкая. Так, в машиностроительной отрасли России коэффициент использования мощностей в 2008 г. не превышал в 0,70. В ОАО "КАМАЗ", например, он равнялся 0,68. При наличии существенных запасов мощностей производители конечной продукции стремятся перевести производство комплектующих "под свое крыло".

Для принятия правильного решения вопроса освоения производства комплектующих на сборочном заводе необходимо иметь экономическое обоснование. Ранее применяемые методики оценки экономической эффективности капитальных вложений, базирующиеся на таких оценочных показателях, как приведенные затраты, народнохозяйственный годовой экономический эффект, прибыльность капитальных вложений, для решения данной проблемы не пригодны. Они не удовлетворяют участников инвестиционной деятельности, так как не дают ответы на жизненно важные вопросы: окупятся ли затраты и за какой период, при каком варианте решения проблемы рост потенциала предприятия будет больше, сумеет ли предприятие вернуть кредиты в требуемый срок, какова будет рентабельность инвестиций за жизненный цикл инвестиций.

Ответы на эти вопросы могут быть найдены, если для оценки инвестиций применять дисконтированный чистый денежный поток, формируемый в результате эксплуатации инвестиций за весь период их жизненного цикла. За жизненный цикл принимается период со дня принятия решения об осуществлении инвестиций до ликвидации единовременных затрат, произведенных по данным инвестициям. Для расчета дисконтированного денежного потока (ДДП) необ-

ходимо составить бюджет инвестиций, как показано в таблице.

Для освоения производства комплектующих производитель конечной продукции осуществляет на проведение НИОКР, строительно-монтажных работ, закупку оборудования, оборотных средств, инструмента, оснастки, организационно-технологическую подготовку производства, обучение кадров необходимые единовременные затраты — инвестиции, которые должны окупаться за их жизненный цикл за счет дохода, рассчитываемого из соотношения

$$Д = (Ц - С)N + (Ц_{пр} - С)N_{пр}, \qquad (1)$$

где Ц — цена комплектующего изделия в варианте его закупки со стороны; С — полная себестоимость изделия в случае его производства у производителя конечной продукции; N — количество закупаемых изделий в год; $Ц_{пр}$, $N_{пр}$ — цена и количество изделий, изготовленных за год производителем конечной продукции для реализации на сторону, например, как запасные части.

Результат расчета по формуле (1) должен быть обязательно положительным, иначе производство комплектующих изделий на сборочном заводе теряет смысл, в этом случае комплектующее изделие выгоднее покупать на стороне.

При расчете денежных потоков, генерируемых инвестициями, необходимо учесть, что в составе себестоимости продукции учитываются плата процентов за кредит, некоторые налоги и сборы, такие как единый социальный налог, налог на землю, транспортный налог, экологические сборы и т. д. Амортизация оборудования, нематериальных активов в составе себестоимости рассчитывается отдельно, так как амортизация в дальнейшем используется для корректировки денежных потоков. При расчете прибыли амортизация включается в себестоимость для снижения налогооблагаемой прибыли, следовательно, налога на прибыль. Амортизационные отчисления остаются в распоряжении предприятия, поэтому они при расчете чистого денежного потока суммируются с чистой прибылью и формируют чистый денежный поток. При корректировке денежных потоков также необходимо учитывать изменение оборотных средств и реализацию оборудования по остаточной стоимости в конце жизненного цикла инвестиций.

Для оценки экономической эффективности инвестиций, как рекомендуется в "Методических рекомендациях по оценке эффективности инвестиционных проектов" [1], используются такие критерии, как чистая текущая стоимость (ЧТС); дисконтированные чистые расходы (ДЧР), рентабельность инвестиций (PI); внутренний коэффициент окупаемости (ВКО); текущая окупаемость, бюджетный эффект (БЭ) [2].

Основным оценочным критерием выбора варианта производства или покупки комплектующих является ЧТС, так как остальные критерии — производные от нее. Прирост капитала от инвестиций определяется как разность суммарного дисконтированного денежного потока и дисконтированной суммы инвестиций. Эта величина называется чистой текущей стоимостью (ЧТС), которая должна быть больше нуля, в противном случае произойдет "эрозия" капитала потребителя. ЧТС рассчитывается по формуле

$$ЧТС = \sum_{n=0}^{T_{сл}} ДДП_n - \sum_{n=0} ДI_n, \qquad (1)$$

где $T_{сл}$ — период эксплуатации инвестиций, число лет; $ДДП_n$ — дисконтированный денежный поток; $ДI_n$ — инвестиции n-ного года; n — порядковый номер года.

ЧТС представляет собой разницу суммы дисконтированного денежного потока и дисконтированной суммы инвестиций, если они проведены в разные периоды, т. е. сопоставляются чистые денежные поступления, приведенные к нулевому периоду с величиной инвестиций. Она показывает прирост капитала предприятия в случае реализации выбранного варианта инвестиций. Инвестиционный проект предприятию приносит выгоду лишь в том случае, когда ЧТС > 0. Этот показатель существенно зависит от ставки дисконтирования, т. е. от "стоимости капитала": чем она больше, тем экономический потенциал инвестиций будет ниже.

На практике иногда невозможно определить выручку от эксплуатации инвестиций. Например, как оценить экономическую эффективность грузовых автомобилей, применяемых в технологической цепи собственного производства? Практически все хозяйствующие субъекты используют в своей деятельности легковые автомобили, затраты по которым относят на себестоимость продукции предприятия. Выручку от их использования рассчитать невозможно. При затруднениях расчета явной выгоды от использования инвестиций они могут быть оценены по критерию — дисконтированные чистые расходы (ДЧР), определяемые по формуле

$$ДЧР = \sum_{t=0}^{T_{сл}} ДТР_t + \sum_{t-0}^{Ti} ДI_t, \qquad (2)$$

где $ДТР_t$ — дисконтированные текущие расходы t-го периода.

В составе $ДТР_t$ учитываются эксплуатационные текущие затраты, которые напрямую определяются качеством изделия. Этот критерий по сути есть сумма единовременных и текущих затрат за жизненный цикл инвестиций. При помощи критерия ДЧР можно оценить конкурентоспособность как инвестиционных, так и потребительских товаров. ДЧР альтернативных вариантов инвестиций должны быть рассчитаны на один и тот же объем продукции. Для приведения ДЧР разных вариантов инвестиций к сопоставимому виду определяют удельные ДЧР (УДЧР). Для этого суммар-

ное значение ДЧР надо делить на суммарную производительность

$$\text{УДЧР} = \left(\sum_{t=0}^{T_{\text{сл}}} \text{ДТР}_t + \sum_{t=0}^{Ti} \text{Д}I_t \right) \Bigg/ \sum_{n=0}^{T_{\text{сл}}} W_n. \quad (3)$$

ДЧР как критериальный показатель сравниваемых моделей предпочтительнее ЧТС, так как прогнозировать будущие доходы гораздо сложнее, чем расходы.

Оценка технико-экономической эффективности инвестиций не сводится к определению лишь ЧТС, ДЧР. Кроме них рассчитываются рентабельность инвестиций (PI), внутренний коэффициент окупаемости (ВКО), окупаемость (Р), текущая окупаемость (ТО) и коэффициент эффективности инвестиций (КЭI) [3].

Рассмотрим пример использования на практике предложенной методики оценки эффективности освоения комплектующих на сборочном производстве. Разработка на ОАО "КАМАЗ" магистральных тягачей КАМАЗ-5460 (4 × 2) и КАМАЗ-6460 (6 × 4) полной массой 40 и 44 т соответственно создала проблему освоения производства главных передач с гипоидной парой. Мосты магистральных тягачей практически у всех мировых производителей комплектуются одноступенчатыми главными передачами с гипоидными колесами. ОАО "КАМАЗ" технологически не готов к изготовлению гипоидных колес большого диаметра. Имеющиеся на КАМАЗе зубонарезные станки фирмы "Глиссон" рассчитаны на нарезание круговых зубьев колес диаметром не более 450 мм, а у названных тягачей ведущие мосты должны иметь гипоидное колесо диаметром 495 мм.

Гипоидные колеса диаметром до 500 мм могут быть нарезаны и шлифованы на оборудовании фирмы "Глиссон", имеющейся в ОАО "Редуктор-ПМ" (г. Пермь). ОАО "Редуктор-ПМ" имеет весь комплекс оборудования и по хозяйственному договору с ОАО "КАМАЗ" изготовил 5 комплектов главных передач для сборки мостов с гипоидными колесами. Для изготовления опытных гипоидных пар завод по договору с КАМАЗом изготовил оснастку, которая может быть использована для освоения серийного выпуска гипоидных пар. ОАО "Редуктор-ПМ" потенциально может освоить серийное производство главных передач с гипоидными парами в объеме до 1 тыс. штук в месяц, что удовлетворяет потребности ОАО "КАМАЗ".

Второй вариант решения проблемы гипоидных мостов — освоение производства главных передач мостов на площадях ОАО "КАМАЗ". Для реализации проекта КАМАЗу необходимо закупить 8 единиц оборудования фирмы "Глиссон" на сумму 260,573 млн руб., технологическую оснастку и инструмент на сумму 0,25 млн руб. При этом есть два варианта изготовления главной передачи:

1) КАМАЗ производит главные передачи полностью у себя. Для этого закупает технологическое оборудование, организовывает производство шлифованных гипоидных колес;

2) КАМАЗ гипоидные колеса закупает у ОАО "Редуктор-ПМ", а остальные детали главной передачи изготовляет у себя.

Рассмотрим экономическую эффективность освоения производства в ОАО "КАМАЗ" гипоидных пар в объеме 2000 пар год в течение первых 2 лет и 4000 пар в последующие годы. При расчетах примем следующие допущения: 1) цена, себестоимость, объем производства за жизненный цикл проекта, равный 12 годам, постоянны; затраты на инструмент, налоги на обоих заводах одинаковы; цены шестерни и колеса равны. Жизненный цикл проекта был установлен исходя из срока службы зубонарезных станков фирмы "Глиссон".

Расчетная себестоимость главных передач с гипоидными мостами, произведенных на КАМАЗе, составит 33000 руб., а себестоимость шестерни и колеса будет равна 7722 руб. Эти данные получены в результате сравнений технико-экономических параметров проектируемых гипоидных и серийных главных передач автомобилей КАМАЗ.

Цена опытной гипоидной шестерни и колеса, изготовленных в ОАО "Редуктор-ПМ" по хозяйственному договору, составила 24 806 руб., т. е. пара стоит 49 612 руб. При серийном производстве их цена уменьшится в среднем в 2 раза, т. е. продажная цена гипоидных колес составит 12 403 руб. (пара 24 806 руб.).

Исходя из этих предположений, в таблице произведен расчет денежного потока от освоения производства гипоидных колес на КАМАЗе. Прибыль здесь формируется за счет разности цены покупки колес на стороне и себестоимости изготовления их у себя:

$$\text{Пр} = (\text{Ц} - \text{С})\text{N}, \quad (4)$$

где Ц — цена покупки одной пары колес у ОАО "Редуктор-ПМ" (Ц = 24 806 руб.); С — себестоимость изготовления одной пары ко-

Таблица

Расчет денежного потока от освоения производства гипоидной пары зубчатых колес для ведущих мостов автомобилей КАМАЗ-5460, -6460, тыс. руб

Показатели	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
I. Инвестиции													
1.1. Оборудование	260 573												
1.2. Технологическая оснастка, инструмент	250												
1.3. Монтаж, пуско-наладка (1 % от стоимости ОФ)	260,6												
1.4. Оборотные средства на объем 4000 пар колес	4898												
ИТОГО инвестиций	265 982												
II. Доходы, расходы и налоги													
2.1. Объем выпуска колес, число пар		2000	2000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000	4000
2.2. Цена одной пары колес при покупке, руб		24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806	24 806
2.3. Себестоимость изготовления пары колес, руб		15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444	15 444
2.4. Прибыль от организации производства колес		18 724	18 724	37 448	37 448	37 448	37 448	37 448	37 448	37 448	37 448	37 448	37 448
2.5. Налог на прибыль (24 %)		4494	4494	8988	8988	8988	8988	8988	8988	8988	8988	8988	8988
2.6. Чистая прибыль		14 230	14 230	28 460	28 460	28 460	28 460	28 460	28 460	28 460	28 460	28 460	28 460
III. Корректировка денежных потоков													
3.1. Амортизация оборудования ($H_а$ = 8,3 %)		21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649	21 649
3.2. Остаточная стоимость оборотных средств													5148
Чистый денежный поток (ЧДП)		**35 879**	**35 879**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**50 109**	**55 257**
Коэффициент дисконтирования при r = 25 %	1,000	0,800	0,640	0,512	0,410	0,327	0,262	0,210	0,168	0,134	0,107	0,086	0,068
Дисконтированный ЧДП (ДЧДП)	–265 982	28 709	22 962	25 655	20 524	16 419	13 135	10 508	8406	6725	5380	4304	3757
ДЧДП по нарастающей	**–265 982**	**–237 279**	**–214 317**	**–188 662**	**–168 138**	**–151 719**	**–138 584**	**–128 075**	**–119 670**	**–112 945**	**–107 565**	**–103 261**	**–9950**

лес на КАМАЗе (С = 15444 руб.); N — объем производства.

Расчетная прибыль в сумме с амортизацией за жизненный цикл проекта должна окупить инвестиции. Если это условие выполняется, освоение производства комплектующего изделия на КАМАЗе оправдано, а если нет, комплектующее изделие выгоднее закупать на стороне.

Результаты расчета показывают, что чистая текущая стоимость проекта отрицательная (ЧТС = –99 504 тыс. руб.), т. е. инвестиции не окупаются за амортизационный период оборудования. Следовательно, гипоидные колеса КАМАЗу выгоднее закупать на стороне. Изготовление остальных деталей главных передач и их сборка должны быть организованы на КАМАЗе. При этом выигрыш получается за счет экономии на транспортных расходах, прибыли ОАО "Редуктор-ПМ" и налогах на добавленную стоимость. Естественно, при этом качество главных передач должно быть не хуже, чем при изготовлении их в ОАО "Редуктор-ПМ".

На этапе проектирования новой модели по описанной методике рассчитывается вариант освоения производства комплектующих у изготовителя конечной продукции. Если инвестиции на производство комплектующего изделия не окупаются, то они должны закупаться на стороне. Естественно, принятие решения должно сопровождаться и качественной оценкой вариантов, при которой учитывается не только качество выпускаемой продукции, но и влияние нового производства на экологическое, социальное положение региона и предприятия. Поставщики, имеющие специализированное производство, могут обеспечить очень высокое качество, что может быть недостижимым в планируемом производстве. Тогда предпочтение может быть отдано варианту закупки комплектующих на стороне. Аналогичный подход и приведенные выше критерии могут применяться для оценки экономической эффективности новой техники, технологий, конструкторско-технологических решений.

Таким образом, оценка экономической эффективности, созданная на основе расчета денежного потока от реализации инвестиционного проекта, позволяет обоснованно принять решение об освоении производства комплектующих на сборочном заводе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Методические** рекомендаций по оценке эффективности инвестиционных проектов [Текст] / Рук. авт. кол.: В. В. Коссов, В. Н. Лившиц, А. Г. Шахназаров. — М.: ОАО НПО " Изд-во "Экономика". 2000. 421 с.
2. **Фасхиев, Х. А.** Обеспечение конкурентоспособности грузовых автомобилей на этапе разработки [Текст] / Х. А. Фасхиев, И. М. Костин. — Набережные Челны: Изд-во КамПИ, 2001. — 349 с.
3. **Фасхиев, Х. А.** Технико-экономическая оценка инвестиций и новой техники в рыночных условиях [Текст] / Х. А. Фасхиев // Вестник машиностроения. — 1998. — № 8. — С. 36—44.

Europlan на 1-м месте по количеству сделок в Поволжье

По итогам работы лизинговых компаний Поволжья в 2008 г. компания Europlan заняла 1-е место по количеству заключенных сделок в исследуемом регионе за год.

Лидер розничного автолизинга в России заключил 2370 договоров финансовой аренды с предприятиями, организациями и индивидуальными предпринимателями, на 20 % обогнав ближайшего лизингодателя. Необходимо отметить, что количество лизинговых контрактов компании в регионе продолжало увеличиваться, несмотря на общее снижение объемов нового бизнеса на 3,62 %.

В целом за 2008 г. по волжскому макрорегиону доля новых сделок составила 42 млрд руб. Текущий поротфель лизинговых компаний за рассматриваемый период составил 46,5 млрд руб., что все же выше показателей 2007 г. — на 1,4 %. При этом число заключенных сделок составило около 11, 2 тыс., что на 11 % меньше, чем в 2007 г. Особенно отмечено снижение доли контрактов на срок 3—5 лет — с 37,3 % в 2007 г. до 26 % в 2008 г.

Справка. Созданная в 1999 г. компания Europlan представляет в лизинг транспорт для предприятий малого и среднего бизнеса через сеть филиалов, охватывающих 70 регионов России. В настоящее время в портфеле компании более 45 000 контрактов. Лизингополучателями компании являются более 12 000 компаний и индивидуальных предпринимателей. Они представляю десятки отраслей экономики России и варьируются от крупнейших международных компаний до небольших семейных предприятий. Этому в полной мере способствует широкая гамма лизинговых продуктов компании и осуществление масштабного лизинга транспорта благодаря программам по 28 маркам автомобилей.

(По материалам компании Europlan)

УДК 621.426

В. А. Марков,
д-р техн. наук,
МГТУ им. Н. Э. Баумана,
С. Н. Девянин,
д-р техн. наук
МГАУ им. В. П. Горячкина,
А. Ю. Шустер,
асп. МГТУ им. Н. Э. Баумана

Использование подсолнечного масла в качестве топлива для дизелей

Рассмотрены возможные пути использования подсолнечного масла в качестве топлива для дизелей. Проведены экспериментальные исследования дизеля Д-245.12С на смесях дизельного топлива и подсолнечного масла различного состава. Показана возможность улучшения показателей токсичности отработавших газов при использовании этих смесей в качестве топлива для автомобильных и тракторных дизелей.

Ключевые слова: *дизель, дизельное топливо, подсолнечное масло, смесевое биотопливо.*

Введение

Направления дальнейшего развития энергетических установок с двигателями внутреннего сгорания (ДВС) во многом зависят от перспектив использования в них различных энергоносителей. В последние годы наметилась тенденция снижения темпов роста добычи нефти, вызванная выработкой крупных месторождений, незначительным вводом в эксплуатацию новых месторождений, заметным сокращением инвестиций в поисково-разведочные работы, отсутствием эффективных технологий добычи, обеспечивающих высокую отдачу нефтяных пластов.

В качестве сырьевой базы для получения моторных топлив привлекательным представляется использование возобновляемых сырьевых ресурсов — биомассы, древесины, сельскохозяйственных и бытовых отходов и др. Ежегодно в мире образуется 170—200 млрд т растительной биомассы (в пересчете на сухую массу), что энергетически эквивалентно 70—80 млрд т нефти. Используется лишь небольшая ее часть. При современном уровне развития техники имеется возможность дополнительного использования биомассы (еще около 2,5—5 %) для производства моторного топлива, что эквивалентно 2—4 млрд т нефти или 3—6 млрд т угля ежегодно.

При использовании топлив растительного происхождения появляется возможность решения проблемы снижения выбросов в окружающую среду углекислого газа, относящегося к группе так называемых "парниковых газов". Поглощение углекислого газа различными растениями происходит в результате реакции фотосинтеза

$$CO_2 + H_2O \leftrightarrow C(H_2O) + O_2 + 120 \text{ ккал/моль}.$$

Таким образом, выделяющийся при сгорании топлив растительного происхождения углекислый газ поглощается при выращивании растений. При этом сельскохозяйственные культуры (свекла, рапс, пшеница) обеспечивают существенно больший объем выделяемого кислорода по сравнению с дикорастущими растениями.

С учетом указанных преимуществ использования биотоплив в ДВС Евросоюз поставил перед собой цель увеличить до 2020 г. долю биотоплива в потребляемом объеме транспортного топлива до 10 %. В 2006 г. этот показатель составил 1,6 %.

Среди топлив растительного происхождения одним из наиболее перспективных являются растительные масла: подсолнечное, рапсовое, хлопковое, соевое, льняное, пальмовое, арахисовое, сурепное и некоторые другие. Их можно использовать в исходном виде или после специальной химической обработки, а также в смеси с нефтяными топливами или спиртами. В настоящее время стоимость растительных масел (РМ) и топлив на их основе соизмерима со стоимостью нефтяных дизельных топлив (ДТ). Поэтому применение таких топлив в ряде случаев становится экономически выгодным, особенно в тех странах, где растительные масла имеются в избытке.

Наибольшее промышленное значение имеют следующие виды масел: бобовое (соевое), рапсовое, подсолнечное, пальмовое, кукурузное (маисовое), касторовое, конопляное, кунжутное (сезамовое), льняное, маковое, хлопковое, миндальное. Объем производства растительных масел в мире к 2000 г. достиг 80 млн т в год. Выработка только четырех из указанных масел — соевого, рапсового, подсолнечного и пальмового составила 39,6 млн т в год. Всего в мире построено более 150 заводов, которые выпускают около 3 млн т жидкого биотоплива в год. В Европе ежегодный выпуск биотоплива превы-

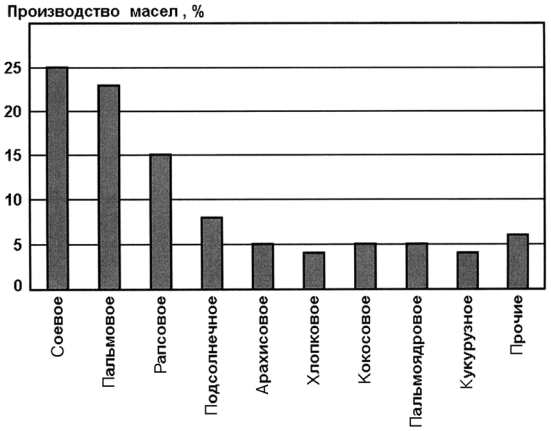


Рис. 1. Мировое производство основных видов растительных масел (2006 г.)

Рис. 2. Динамика роста производства биотоплива:

1 — мировое производство; 2 — Западная Европа; 3 — Азия; 4 — Северная Америка; 5 — Восточная Европа; РМ — рапсовое масло; ПМ — подсолнечное масло; СМ — соевое масло

сил 1 млн т (рис. 1). Причем для его производства используются в основном рапсовое и подсолнечное масла (84 и 13 % общего выпуска биотоплива) (рис. 2).

В условиях Российской Федерации привлекательным представляется использование в качестве топлива для ДВС подсолнечного масла. Это обусловлено тем, что в России данное масло традиционно является наиболее распространенным растительным маслом: объем его производства составляет около 70 % общего объема производства растительных масел.

Состав и свойства ПМ

Выделяют подсолнечное масло из семян подсолнечника (Heliantnus annus L), содержащих 20—57 % масла, прессованием измельченного сырья после влажной термической обработки при температуре 100—150 °С или экстрагированием (растворением) органическими растворителями (гексан, этанол и др.) при температуре 50—55 °С. По степени очистки различают нерафинированное (сырое) и рафинированное подсолнечные масла. При рафинировании подсолнечного масла из него удаляются свободные жирные кислоты (нейтрализацией раствором NaOH), фосфолипиды (водной обработкой при температуре 50—100 °С), красящие вещества (адсорбцией на природных глинах, цеолитах и других адсорбентах), воски и воскообразные продукты (охлаждением масла до температуры 8—12 °С и отделением воскообразных продуктов).

Возможность использования подсолнечного масла в качестве топлива для ДВС определяется его физико-химическими свойствами. В соответствии со стандартом РФ на подсолнечное масло (ГОСТ Р 52465—2005) оно представляет собой светло-желтую жидкость с приятным запахом, плотность и динамическая вязкость которой при 20 °С составляют соответственно $\rho = 921—924$ кг/м^3, $\eta = 54{,}6—59{,}8$ мПа · с. Подсолнечное масло имеет температуру застывания от −18 до −19 °С и температуру вспышки — более 225 °С. Оно относится к полувысыхающим растительным маслам и имеет число омыления, равное 186—194 единицам, йодное число 119—144, родановое число 73—83, гидроксильное число 2,6—10,6. Масло растворимо во многих органических растворителях (кроме этанола), нерастворимо в воде.

По химической структуре растительные масла представляют собой смесь глицеридов жирных кислот. Жирнокислотный состав подсолнечного масла включает как ненасыщенные жирные кислоты (линолевая, олеиновая, линоленовая), так и насыщенные (пальмитиновая, стеариновая, арахиновая, миристиновая). Состав подсолнечного масла существенно зависит от сорта подсолнечника, места произрастания, способа извлечения масла и его очистки. В соответствии со стандартом Российской Федерации ГОСТ Р 52465—2005 подсолнечное масло имеет жирнокислотный состав, представленный в табл. 1. При этом оно содержит только четыре жирные кислоты с относительным содержанием свыше 2,5 %. На хроматограммах обычного и высокоолеинового подсолнечных масел отчетливо выделяются четыре пика, соответствующие (в порядке выхода) метиловым эфирам пальмитиновой (С 16:0), стеариновой (С 18:0), олеиновой (С 18:1) и линолевой (С 18:2) кислот. Подсолнечное масло содержит также 0,3—0,7 % неомыляемых веществ (токоферолы, фосфолипиды, стеарины, сквален, воски

Таблица 1

Жирнокислотный состав подсолнечного масла

Жирные кислоты	Формула состава	Массовая доля кислоты к общему количеству кислот, %
Тетрадекановая (миристиновая)	$C_{14}H_{28}O_2$	До 0,2
Гексадекановая (пальмитиновая)	$C_{16}H_{32}O_2$	5,0—7,6
Гексадеценовая (пальмитолеиновая)	$C_{16}H_{30}O_2$	До 0,3
Октадекановая (стеариновая)	$C_{18}H_{36}O_2$	2,7—6,5
Октадеценовая (олеиновая)	$C_{18}H_{34}O_2$	14,0—39,4
Октадекадиеновая (линолевая)	$C_{18}H_{32}O_2$	48,3—77,0
Октадекатриеновая (линоленовая)	$C_{18}H_{30}O_2$	До 0,3
Эйкозановая (арахиновая)	$C_{20}H_{40}O_2$	До 0,5
Эйкозеновая (гондоиновая)	$C_{20}H_{38}O_2$	До 0,3
Докозановая (бегеновая)	$C_{22}H_{44}O_2$	0,3—1,5
Эруковая	$C_{22}H_{42}O_2$	До 0,2
Тетракозановая (лигноцериновая)	$C_{24}H_{48}O_2$	До 0,5

Примечание: определение жирнокислотного состава — по ГОСТ Р 51483.

и воскообразные продукты) и около 1—1,5% свободных жирных кислот.

Некоторые физико-химические свойства производимых в России подсолнечных масел в соответствии с ГОСТ Р 52465—2005 представлены в табл. 2.

Проведенный анализ показывает, что по физико-химическим свойствам подсолнечное масло близко к свойствам традиционных дизельных топлив и может быть использовано в качестве топлива для дизелей. Особенностью подсолнечного масла является наличие в его составе достаточно большого количества кислорода (около 9 %). Это приводит к некоторому снижению его теплоты сгорания. Так, низшая теплота сгорания подсолнечного масла составляет 36—37 мДж/кг по сравнению с теплотой сгорания 42—43 мДж/кг дизельных топлив, практически не содержащих кислорода. Но присутствие в подсолнечном масле кислорода снижает температуру его сгорания в дизелях и значительно улучшает экологические свойства этих топлив (в частности, в проведенных исследованиях дизелей, работающих на подсолнечном масле, отмечается снижение

Таблица 2

Физико-химические свойства подсолнечных масел

Показатель	Норма для подсолнечного масла								
	Рафинированное дезодорированное					Рафинированное недезодорированное	Нерафинированное		
	Премиум	Высший сорт		Первый сорт			Высший сорт	Первый сорт	Для промышленной переработки
		вымороженное	невымороженное	вымороженное	невымороженное				
Цветное число, мг йода, не более	6			10		12	15	25	35
Кислотное число, мг КОН/г, не более	0,30			0,40		0,40	1,5	4,0	6,0
Массовая доля нежирных примесей, %, не более	Отсутствие						0,05	0,10	0,20
Массовая доля фосфорсодержащих веществ, %, не более, в пересчете на ароолеолецитин	Отсутствие						0,20	0,60	0,80
То же, в пересчете на оксид фосфора P_2O_5	Отсутствие						0,018	0,053	0,070
Мыло (качественная проба)	Отсутствие						Не нормируется		
Массовая доля влаги и летучих веществ, %, не более	0,10						0,15	0,20	0,30
Температура вспышки экстракционного масла, °С, не ниже	Не нормируется					225	Не нормируется		225
Перекисное число, ммоль активного кислорода/кг, не более	2,0	4,0		10,0		10,0	7,0	10,0	10,0
Анизидиновое число, не более	3,0			Не нормируется					
Холодный тест	Выдерживает испытание		Не нормируется	Выдерживает испытание	Не нормируется				

дымности отработавших газов). Подсолнечное масло практически не содержат серу (в отечественных дизельных топливах содержание серы достигает 0,2 % по массе). Это позволяет значительно снизить выбросы в окружающую среду оксидов серы, образующихся в камере сгорания дизеля.

Попытки использования подсолнечного масла в качестве топлива для ДВС предпринимаются в разных странах. По сообщениям средств массовой информации летом 2006 г. в Италии успешные испытания прошел локомотив, работающий на подсолнечном масле. Дизель тепловоза был специально доработан для использования этого экологически чистого биотоплива. "Подсолнечный" поезд с пассажирскими вагонами совершил первую поездку длиной 25 км. Десятки пассажиров, участвовавших в эксперименте, отметили еще одну привлекательную особенность локомотива — вместо копоти и выпускных газов, он вырабатывает пар, напоминающий по запаху жареную картошку.

В ноябре 2005 г. первый в мире катер, использующий в качестве топлива подсолнечное масло, спущен на воду озера Комо, расположенного в предгорьях Альп на севере Италии.

Катер был оборудован двигателем, работающим как на дизельном топливе, так и на техническом подсолнечном масле. Двигатель легко перенастраивался с одного топлива на другое. Выпуск двигателя, когда он работает на масле, экологически чист и имеет знакомый всем запах жареного картофеля.

По словам экспертов, подсолнечное масло как биологическое дизельное топливо для двигателей автомобилей, автобусов, сельхозтехники и небольших судов вполне конкурентоспособно.

Значимым фактором целесообразности производства моторных топлив из растительных масел является возможность использования фритюрных масел из сети общественного питания. В этом случае решается проблема утилизации отработанных растительных масел. В частности, в Великобритании ежегодно образуется более 70 млн л отслужившего в кухнях масла, которое может быть переработано в биодизельное топливо.

В 2001 г. австралийский университет "University of New South Wales Union" начал проводить научно-исследовательские работы под руководством Л. Баркера (Lachlan Barker) в рамках проекта WFD по использованию биотоплив из растительных масел для легковых автомобилей. Для этого разработан реактор, имеющий котел объемом 200 л, в который поступает отфильтрованное фритюрное подсолнечное масло, использованное в университетских столовой и кафе. Фильтр очищает масло и оставляет в нем лишь частицы не крупнее 5 мкм. Далее оно смешивается с метанолнатриевой гидроокисью в пропорции 4 : 1 для выработки биодизельного топлива. Из 100 л отработанного масла получают 75 л биодизельного топлива (метилового эфира подсолнечного масла) и 15—20 л глицерина, который используется при производстве мыла. Отмечается, что главная сложность в работе над проектом состоит в том, чтобы сделать процесс идеально воспроизводимым, т. е. необходимо обеспечить одинаковые свойства дизельного топлива, получаемого из масла, независимо от меню столовой. Получаемое биодизельное топливо экологично и полноценно заменяет традиционное дизельное топливо. Университет собирается продвигать свой проект и уже ведет переговоры с местными автозаправками.

Концерн "Стирол" (Донбасс, Украина) начал производить биодизельное топливо из подсолнечного масла для заправки собственного автотранспорта и тепловозов. При этом общая протяженность внутренних железнодорожных путей на территории концерна составляет более 30 км. В отличие от "зеленых" поездов, работающих в Великобритании, Швеции и Японии (там такие проекты рассматриваются в качестве экспериментальных), тепловозы, используемые в концерне "Стирол" с применением биодизельного топлива, эксплуатируются в обычном производственном режиме. Биотопливо изготавливается на установке, созданной собственными силами. Производительность последней 2 т биотоплива в сутки. Такое топливо используется как 20 %-ная добавка к обычному дизельному топливу. Проводится разработка оборудования, которое в скором времени позволит увеличить содержание топлива из подсолнечного масла в смесевом топливе до 50 %.

По сообщениям BBC News в 2004 г. британские ученые открыли новый способ производства водорода из растительного (в частности, подсолнечного) масла. Группа ученых университета г. Лидса (University of Leeds) под руководством Эндрю Мосса (Andrew Moss) представила результаты своих исследований о производстве водорода из материалов, полученных из растительных масел, путем оснащения двигателя специальным топливным реактором, устанавливаемом на автомобиле. В этом реакторе из подсолнечного масла или подобного ему продукта получают водород. В процессе используется катализатор (никель), что позволяет вместо большого газового бака

с водородом использовать бак с обычным жидким биотопливом — растительным маслом. Благодаря этому изобретению в скором времени могут стать реальностью автомобили, работающие на водородном топливе.

Изложенное показывает, что подсолнечное масло (ПМ) может быть использовано в качестве топлива для дизелей в "чистом" виде или смеси с дизельным топливом. Из ПМ получают метиловый эфир подсолнечного масла, который используется как самостоятельное топливо или как биодобавка к ДТ. Возможны и другие пути использования данного биотоплива. Но наиболее привлекательным способом применения этого масла представляется работа дизеля на смесях ДТ и ПМ. Эти два компонента хорошо смешиваются в любых пропорциях, образуя стабильные смеси. Подбором состава смесей можно обеспечить их физико-химические свойства, близкие к свойствам стандартного ДТ. Подсолнечное масло отличается повышенной коксуемостью — до 0,5 % (до 0,2 % у ДТ). Это может привести к отложениям кокса на деталях камеры сгорания и распылителях форсунок. Однако при использовании смесей ДТ с небольшим содержанием подсолнечного масла, как правило, удается обеспечить требуемую коксуемость смесевого биотоплива (до 0,2 % как у ДТ).

Исследование использования подсолнечного масла на дизеле

Для оценки возможности использования подсолнечного масла в качестве моторного топлива проведены экспериментальные исследования дизеля Д-245.12С (4ЧН 11/12,5) Минского моторного завода, устанавливаемого на малотоннажные грузовые автомобили ЗИЛ-5301 "Бычок". В этом дизеле, имеющем полуразделенную камеру сгорания типа ЦНИДИ, организовано объемно-пленочное (пристеночное) смесеобразование с частичным попаданием топливного факела на боковые стенки камеры сгорания, прилегающие к горловине. Камера сгорания (КС) имеет диаметр горловины $d_г = 38$ мм, наибольший диаметр камеры $d_{к\ max} = 62$ мм и глубина $h_к = 29$ мм (рис. 3), а форсунки установлены в головке цилиндров со смещением $\Delta l_ф = 10$ мм (рис. 4). В исследуемом двигателе топливо подается на горячие кромки горловины и внутренние стенки камеры сгорания вблизи горловины. Это позволяет обеспечить стабильное воспламенение смесевого биотоплива, отличающегося от дизельного топлива худшей воспламеняемостью (пониженным цетановым числом). Характерная особенность этой камеры сгорания состоит в том, что диаметр горловины составляет примерно 30 % диаметра поршня $d_п$. В результате на такте сжатия в камере сгорания наблюдается значительное торообразное вихревое движение рабочего тела (воздуха), что и обеспечивает требуемое качество смесеобразования. Сравнительно большой диаметр горловины камеры способствует тому, что гидравлические потери при перетекании воздуха и топливовоздушной смеси при тактах сжатия и расширения сравнительно невелики, и топливная экономичность дизеля приближается к топливной экономичности дизелей с неразделенными камерами сгорания.

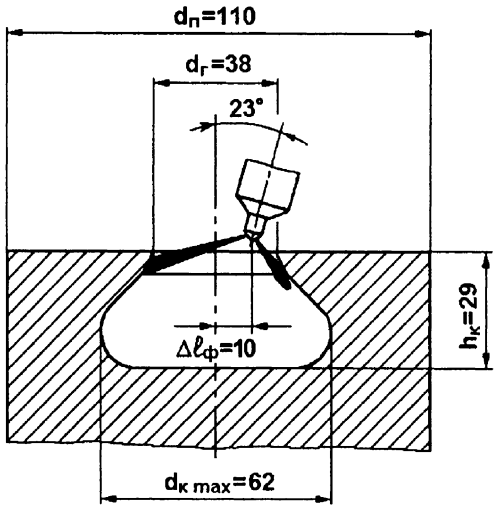


Рис. 3. Камера сгорания дизеля Д-245.12С со схемой расположения форсунки

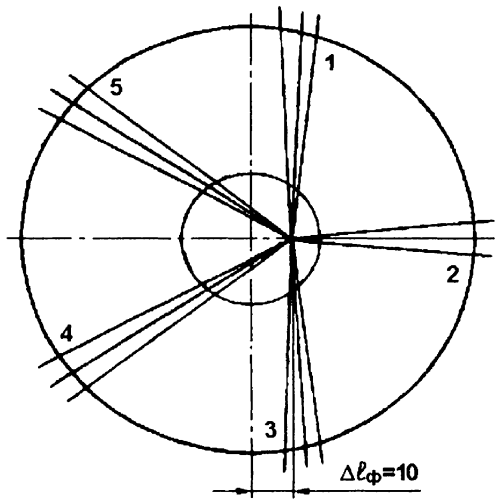


Рис. 4. Ориентация струй распыливаемого топлива в КС

1—5 — номера струй распыливаемого топлива

Исследования проводились на моторном стенде АМО "ЗИЛ". Дизель был оснащен турбокомпрессором ТКР-6 Борисовского завода автоагрегатов, топливным насосом высокого давления фирмы "Motorpal" (Чехия) модели PP4M10U1f и форсунками АО "Куроаппаратура" (г. Вильнюс) с распылителями DOP 119S534 фирмы "Motorpal". Форсунки были отрегулированы на начальное давление впрыска $p_{фо} = 21,5$ МПа, установочный угол опережения впрыска $\theta = 13°$ угла поворота коленчатого вала до ВМТ. При испытаниях регулировочные и установочные параметры оставались неизменными.

Исследовалось товарное дизельное топливо и рафинированное дезодорированное подсолнечное масло, производимое Невинномысским маслоэкстракци-

онным заводом. Некоторые физико-химические свойства дизельного топлива и подсолнечного масла, а также их смесей в различных пропорциях представлены в табл. 3.

На первом этапе исследований испытания дизеля Д-245.12С проводились на дизельном топливе и смесевом биотопливе, содержащем 80 % ДТ (по объему) и 20 % ПМ. При испытаниях дизель исследовался на режимах работы по внешней характеристике и 13-ступенчатого испытательного цикла Правил 49 ЕЭК ООН (EURO-2) с установочным углом опережения впрыска $\theta = 13^\circ$ угла поворота коленчатого вала до ВМТ. Моторный стенд был оборудован комплектом необходимой измерительной аппаратуры. Дымность отработанных газов измерялась с помощью ручного дымомера МК-3 фирмы Hartridge (Великобритания) с погрешностью измерения ±1 %. Концентрации NO_x, CO, CH_x в отработавших газах определялись газоанализатором SAE-7532 японской фирмы YANACO с погрешностями измерения указанных компонентов ± 1 %. Опыты проводились по методикам, регламентированным ГОСТ 14846—81. Правилами 24-03 ЕЭК ООН (измерение дымности отработавших газов) и Правилами 49 ЕЭК ООН (определение удельных выбросов вредных веществ с отработавшими газами). Моторный стенд был оборудован комплектом необходимой измерительной аппаратуры.

При испытаниях дизеля Д-245.12С на режимах работы по внешней характеристике на ДТ и на смеси ДТ и ПМ отмечена зависимость показателей дизеля от вида применяемого топлива. В связи с большей плотностью p и повышенной вязкостью υ смеси ДТ и ПМ по сравнению с чистым дизельным топливом (соответственно у смесевого топлива $\rho = 848{,}6$ кг/м^3, $\nu = 8{,}0$ мм^2/с, у дизельного топлива $\rho = 830{,}0$ кг/м^3, $\nu = 3{,}8$ мм^2/с, см. табл. 3) при испытаниях отмечен рост часового расхода смесевого биотоплива по сравнению с расходом дизельного топлива на всех исследованных режимах работы по внешней скоростной характеристике. Так, на режиме максимальной мощности при частоте вращения $n = 2400$ мин$^{-1}$ часовые расходы дизельного то-

Таблица 3

Физико-химические свойства исследуемых топлив

Физико-химические свойства	Топлива				
	ДТ	ПМ	95 % ДТ + + 5 % ПМ	90 % ДТ + + 10 % ПМ	80 % ДТ + + 20 % ПМ
Плотность при 20 °С, кг/м^3	830	923	834,7	839,3	848,6
Вязкость кинематическая, мм^2/с, при					
20 °С	3,8	72,0	5,0	6,0	8,0
40 °С	2,4	31,0			
100 °С	1,0	8,0			
Коэффициент поверхностного натяжения σ при 20 °С, мН/м	27,1	33,0	—	—	—
Теплота сгорания низшая, кДж/кг	42 500	37 300	41 500	40 400	39 400
Цетановое число	45	33	—	—	—
Температура самовоспламенения, °С	250	320	—	—	—
Температура помутнения, °С	–27	–7	—	—	—
Температура застывания, °С	–35	–18	—	—	—
Количество воздуха, необходимое для сгорания 1 кг топлива, кг	14,31	13,01	14,24	14,18	14,05
Содержание, %, по массе:					
С	87,0	78,3	86,56	86,13	85,26
Н	12,6	12,8	12,61	12,62	12,64
О	0,4	8,9	0,83	1,25	2,10
Общее содержание серы, % по массе	0,2	—	—	—	—
Коксуемость 10 %-ного остатка, % по массе	0,2	0,5	—	—	—

Примечание: "—" — свойства не определились; для смеси ДТ и ПМ указано объемное процентное содержание компонентов.

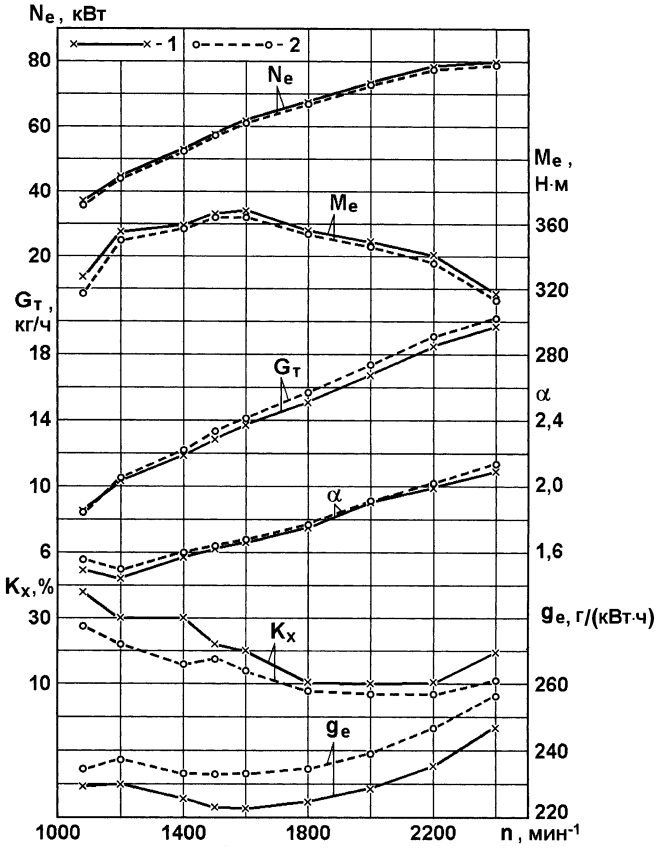


Рис. 5. Зависимость эффективной мощности N_e, крутящего момента M_e, расхода топлива $G_т$, коэффициента избытка воздуха α, дымности ОГ K_x и удельного эффективного расхода топлива g_e от частоты вращения n коленчатого вала дизеля Д-245.12С на режимах внешней скоростной характеристики при использовании различных топлив:

1 — ДТ; 2 — смесь 80 % ДТ и 20 % ПМ

плива и смесевого биотоплива оказались равны соответственно $G_т$ = 19,70 и 20,20 кг/ч, а на режиме максимального крутящего момента при n = 1600 мин$^{-1}$ $G_т$ = 13,72 и 14,10 кг/ч (рис. 5). Но при этом теплота сгорания смесевого биотоплива несколько ниже теплоты сгорания дизельного топлива: их низшая теплота сгорания равна соответственно H_v = 39400 и 42500 кДж/кг. Поэтому при переводе дизеля Д-245.12С с дизельного топлива на работу на смесевое биотопливо, его мощностные показатели (эффективная мощность N_e и крутящий момент двигателя M_e) несколько снижаются. На режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ такой перевод двигателя на смесь 80 % ДТ и 20 % ПМ приводит к уменьшению крутящего момента M_e с 317 до 313 Н · м, а на режиме максимального крутящего момента при n = 1600 мин$^{-1}$ — с 368 до 364 Н · м. Однако незначительное снижение мощностных показателей не требует изменения исходных регулировок дизеля.

В связи с наличием в молекулах подсолнечного масла значительного количества атомов кислорода (около 9 %, см. табл. 3) для сгорания смеси ДТ и ПМ требуется меньшее количество воздуха. Поэтому, несмотря на больший часовой расход $G_т$ смесевого биотоплива при работе двигателя на этом топливе, коэффициент избытка воздуха α несколько возрастает по сравнению с работой на дизельном топливе (см. рис. 5). Это благоприятно сказывается на показателях работы двигателя. В частности, использование смеси ДТ и ПМ приводит к значительному снижению дымности ОГ K_x во всем диапазоне исследованных скоростных режимов работы по внешней характеристике. При переводе двигателя с дизельного на смесевое топливо на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ дымность ОГ снизилась с 14,5 до 11,0 % по шкале Хартриджа, на режиме максимального крутящего момента при n = 1600 мин$^{-1}$ — с 20,0 до 14,0 %, а на режиме работы по внешней скоростной характеристике с n = 1080 мин$^{-1}$ — с 38,0 до 27,5 % (см. рис. 5).

Отмеченное выше наличие в молекулах подсолнечного масла значительного количества кислорода и его пониженная теплота сгорания приводят к тому, что при работе дизеля Д-245.12С на смеси ДТ и ПМ удельный эффективный расход топлива g_e несколько увеличивается по сравнению с работой двигателя на дизельном топливе. При переводе двигателя с дизельного топлива на смесь ДТ и ПМ на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$ удельный эффективный расход топлива g_e возрос с 246,8 до 256,2 г/(кВт · ч), а на режиме максимального крутящего момента при n = 1600 мин$^{-1}$ — с 222,6 до 231,1 г/(кВт · ч). Однако и эффективный КПД двигателя η_e при этом несколько возрастает, о чем будет указано ниже.

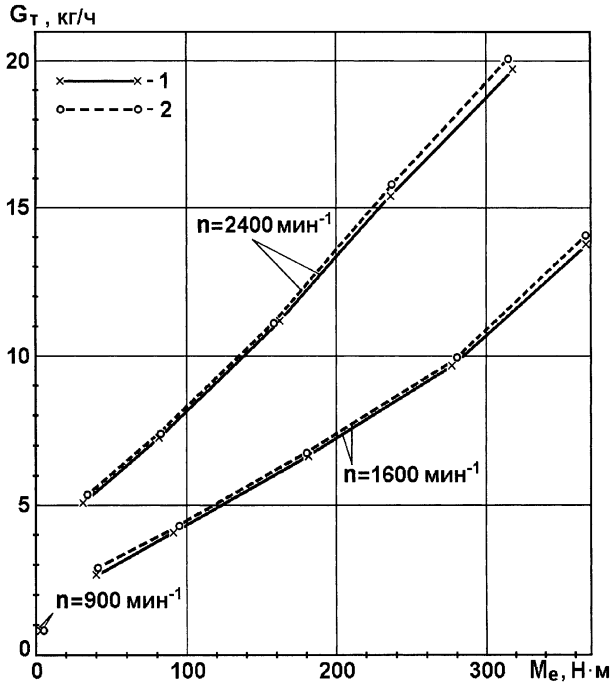


Рис. 6. Зависимость часового расхода топлива $G_т$ от скоростного и нагрузочного режима (частоты вращения n и крутящего момента M_e) дизеля Д-245.12С при использовании различных топлив:

1 — ДТ; 2 — смесь 80 % ДТ и 20 % ПМ

Результаты экспериментальных исследований

Результаты экспериментальных исследований дизеля Д-245.12С на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла приведены на рис. 6—9. Представленные на рис. 6 характеристики часового расхода топлива $G_т$ свидетельствуют о том, что замена дизельного топлива смесью ДТ и ПМ приводит к небольшому увеличению часового расхода топлива $G_т$ на всех исследованных нагрузочных режимах. Так, перевод двигателя с дизельного топлива на смесь ДТ и ПМ на режиме холостого хода при минимальной частоте вращения $n = 900$ мин$^{-1}$ сопровождается увеличением $G_т$ с 0,80 до 0,83 кг/ч, на режиме максимального крутящего момента при $n = 1600$ мин$^{-1}$ — с 13,76 до 14,04 кг/ч, на режиме максимальной мощности при $n = 2400$ мин$^{-1}$ — с 19,70 до 20,06 кг/ч.

При переводе дизеля Д-245.12С со смеси ДТ и ПМ на дизельное топливо объемная концентрация в ОГ оксидов азота C_{NO_x} снижается на всех режимах 13-ступенчатого испытательного цикла (рис. 7). На режиме холостого хода при $n = 900$ мин$^{-1}$ содержание оксидов азота в ОГ C_{NO_x} снизилось с 0,0150 до 0,0135 %, на режиме максимального крутящего момента при $n = 1600$ мин$^{-1}$ — с 0,0680 до 0,0615 %, на режиме максимальной мощности при $n = 2400$ мин$^{-1}$ — с 0,0605 до 0,0550 %. Максимальная концентрация NO_x в ОГ ($C_{NO_x} = 0{,}0760$ %) отмечена при работе дизеля Д-245.12С на дизельном топливе на режиме с частотой вращения $n = 1600$ мин$^{-1}$ и нагрузкой $M_e = 277$—280 Н · м. При работе исследуемого дизеля на этом режиме на смеси ДТ и ПМ содержание NO_x в ОГ снизилось до $C_{NO_x} = 0{,}0700$ %.

Содержание монооксида углерода C_{CO} в ОГ сравнительно слабо зависит от типа применяемого топлива практически на всех режимах 13-ступенчатого испытательного цикла (рис. 8). При переводе дизеля Д-245.12С с ДТ на смесь ДТ и ПМ на режиме холостого хода при $n = 900$ мин$^{-1}$ содержание монооксида углерода C_{OC} в ОГ снизилось с 0,0330 до 0,0300 %, на режиме максимального крутящего момента при $n = 1600$ мин$^{-1}$ — с 0,0315 до 0,0285 %, на режиме максимальной мощности при $n = 2400$ мин$^{-1}$, напротив, увеличилось с 0,0165 до 0,0170 %. Наибольшие различия содержания монооксида углерода в ОГ отмечены на режиме с частотой вращения $n = 1600$ мин$^{-1}$ и нагрузкой $M_e = 40{,}0$—$41{,}2$ Н · м. На этом режиме при работе на ДТ содержание СО в ОГ

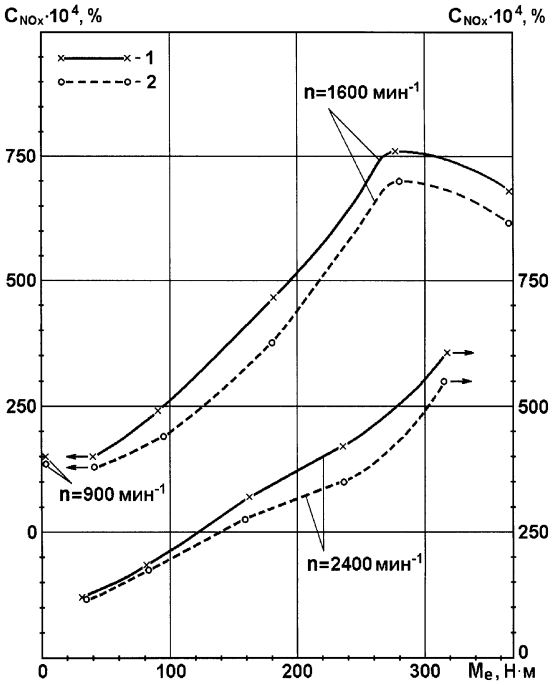


Рис. 7. Зависимость объемной концентрации в ОГ оксидов азота C_{NO_x} от скоростного и нагрузочного режима (частоты вращения *n* и крутящего момента M_e) дизеля Д-245.12С при использовании различных топлив:

1 — ДТ; 2 — смесь 80 % ДТ и 20 % ПМ

составляло 0,0330 %, а при работе на смеси ДТ и ПМ оно возросло до 0,0390 %.

Тип применяемого топлива сравнительно слабо влияет и на концентрацию в ОГ исследуемого дизеля несгоревших углеводородов C_{CH_x}

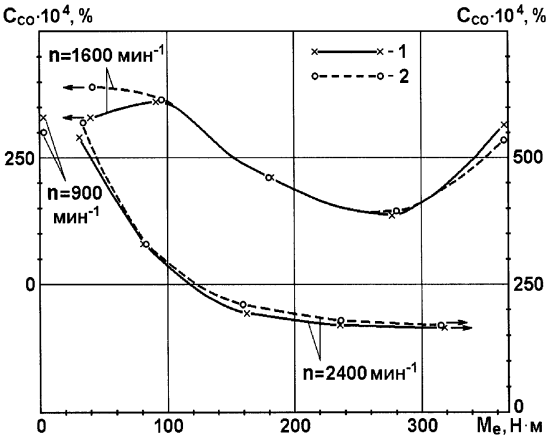


Рис. 8. Зависимость объемной концентраций в ОГ монооксида углерода C_{CO} от скоростного и нагрузочного режима (частоты вращения *n* и крутящего момента M_e) дизеля Д-245.12С при использовании различных топлив:

1 — ДТ; 2 — смесь 80 % ДТ и 20 % ПМ

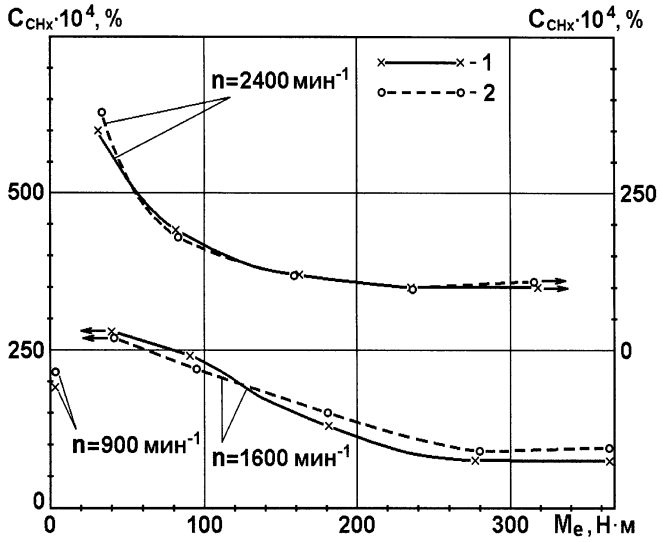


Рис. 9. Зависимость объемной концентрации в ОГ углеводородов C_{CH_x} от скоростного и нагрузочного режима (частоты вращения *n* и крутящего момента M_e) дизеля Д-245.12С при использовании различных топлив:

1 — ДТ; 2 — смесь 80 % ДТ и 20 % ПМ

(рис. 9). На режиме холостого хода при $n = 900$ мин$^{-1}$ перевод дизеля Д-245.12С с ДТ на смесь ДТ и ПМ приводит к увеличению содержания несгоревших углеводородов C_{CH_x} в ОГ с 0,0190 до 0,0215 %, на режиме максимального крутящего момента при $n = 1600$ мин$^{-1}$ — с 0,0730 до 0,0950 %, на режиме максимальной мощности при $n = 2400$ мин$^{-1}$ — с 0,0100 до 0,0108 %. Однако на ряде

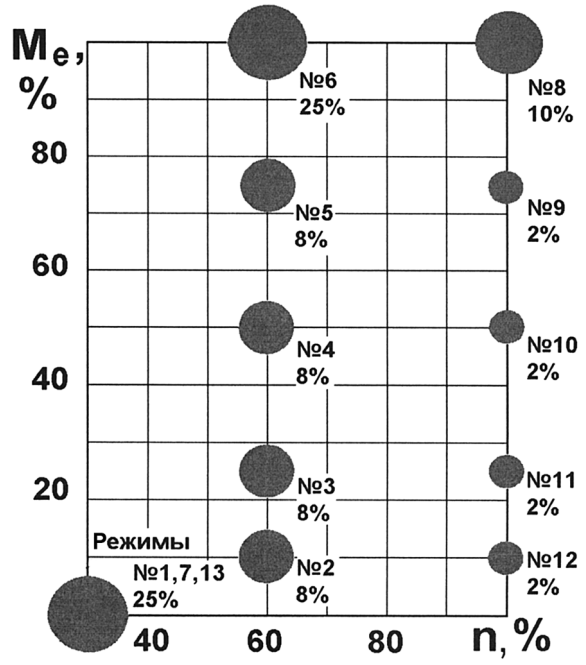


Рис. 10. Испытательный 13-ступенчатый цикл ECE R49 для оценки токсичности ОГ дизелей в стендовых условиях

режимов при использовании смеси ДТ и ПМ эмиссия углеводородов уменьшается. В частности, на режиме с частотой вращения $n = 1600$ мин$^{-1}$ и нагрузкой $M_e = 40{,}0—41{,}2$ Н · м содержание углеводородов в ОГ C_{CH_x} снизилось с 0,0280 % при работе на ДТ до 0,0270 % при работе на смеси ДТ и ПМ.

По представленным на рис. 7—9 данным по содержанию в ОГ газообразных токсичных компонентов (C_{NO_x}, C_{CO}, C_{CH_x}) рассчитаны интегральные удельные массовые выбросы токсичных компонентов на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла ECE R49 для оценки токсичности ОГ, схематично показанного на рис. 10. При этом интегральные показатели токсичности ОГ рассчитывались для режимов 13-ступенчатого цикла с учетом коэффициентов K_i, отражающих долю времени *i*-го режима в 13-ступенчатом испытательном цикле ECE R49. При оценке токсичности по 13-ступенчатому испытательному циклу для каждого режима рассчитываются часовые массовые выбросы токсичных компонентов ОГ (E_{NO_x}; E_{CO}, E_{CH_x}). Полученные значения вред-

Таблица 4

Показатели дизеля Д-245.12С, работающего на смесевом биотопливе

Показатели дизеля	Объемная концентрация подсолнечного масла в смесевом топливе, %			
	0	5	10	20
Удельный эффективный расход топлива на режиме максимальной мощности N_{max}, g_e, г/(кВт · ч)	246,8	248,1	251,3	256,2
Эффективный КПД дизеля на режиме максимальной мощности N_{max}, η_e	0,343	0,350	0,355	0,357
Удельный эффективный расход топлива на режиме максимального крутящего момента M_{max}, g_e, г/(кВт · ч)	222,6	224,6	226,9	231,1
Эффективный КПД дизеля на режиме максимального крутящего момента M_{max}, η_e	0,381	0,386	0,393	0,395
Дымность ОГ на режиме максимальной мощности N_{max}, K_x, %	14,5	12,5	12,0	11,0
Дымность ОГ на режиме максимального крутящего момента M_{max}, K_x, %	20,0	16,5	15,0	14,0
Интегральный удельный выброс оксидов азота, e_{NOx}, г/(кВт · ч)	6,630	6,626	6,649	6,078
Интегральный удельный выброс монооксида углерода, e_{CO}, г/(кВт · ч)	2,210	2,146	2,091	2,257
Интегральный удельный выброс углеводородов, e_{CH_x}, г/(кВт · ч)	0,580	0,563	0,580	0,647

ных выбросов суммируются за весь цикл по каждому компоненту (с учетом коэффициентов K_i, отражающих долю времени каждого режима) и затем делением на условную среднюю мощность дизеля за испытательный цикл определяются удельные выбросы вредных веществ по формулам:

$$e_{NO_x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{NO_{xi}} K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_i}; \; e_{CO} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{CO_i} K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_i};$$

$$e_{CH_x} = \frac{\sum_{i=1}^{13} E_{CH_{xi}} K_i}{\sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_i},$$

где $E_{NO_{xi}}$, E_{CO_i}, $E_{CH_{xi}}$ — массовые выбросы оксидов азота, монооксида углерода и несгоревших углеводородов на i-м режиме 13-ступенчатого испытательного цикла ECE R49, г/ч; N_{ei} — мощность двигателя на этом режиме, кВт; K_i — коэффициент, отражающий долю времени i-го режима в 13-ступенчатом испытательном цикле ECE R49.

Значения удельного эффективного расхода топлива и эффективного КПД определялись по известным зависимостям

$$g_e = 1000G_т/N_e, \; \eta_e = 3600/H_u g_e,$$

где H_u — низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг.

Результаты этих расчетов представлены в табл. 4.

Данные табл. 4 подтверждают возможность заметного снижения дымности ОГ, а также выбросов оксидов азота при переводе исследуемого дизеля с ДТ на смесь, содержащую 80 % ДТ и 20 % ПМ.

Представленные на рис. 6—9 характеристики получены при сравнительных испытаниях дизеля Д-245.12С, работающего на ДТ и на смеси, содержащей 80 % ДТ и 20 % ПМ. Аналогичные характеристики определены и при испытаниях дизеля Д-245.12С на смесях 90 % ДТ с 10% ПМ и 95 % ДТ с 5 % ПМ. По результатам этих исследовании определены интегральные удельные массовые выбросы токсичных компонентов ОГ на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла ECE R49 по методике, описанной выше. Результаты проведенных расчетов приведены на рис. 11—13 и в табл. 4.

Приведенные на рис. 11 зависимости часового расхода топлива $G_т$, крутящего момента двигателя M_e и коэффициента избытка воздуха α свидетельствуют о том, что изменение содержания ПМ в смесевом биотопливе $C_{ПМ}$ от 0 до 20 % не

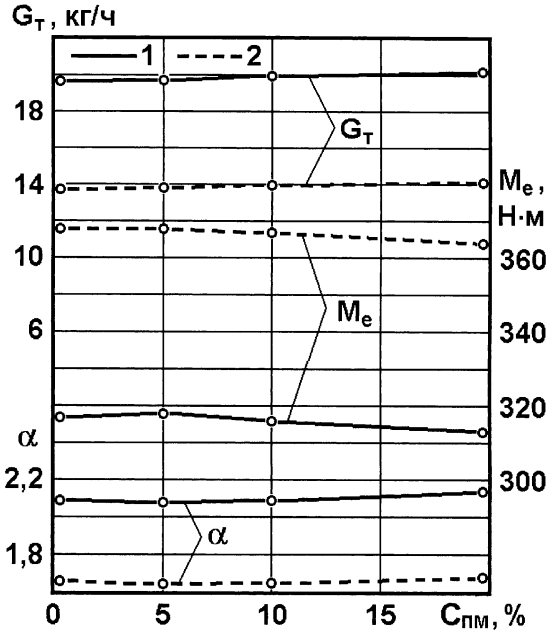


Рис. 11. Зависимость часового расхода топлива $G_т$, эффективного крутящего момента M_e и коэффициента избытка воздуха α от содержания подсолнечного масла $C_{ПМ}$ в смесевом биотопливе на режимах внешней скоростной характеристики:

1 — на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$; 2 — на режиме максимального крутящего момента при n = 1600 мин$^{-1}$

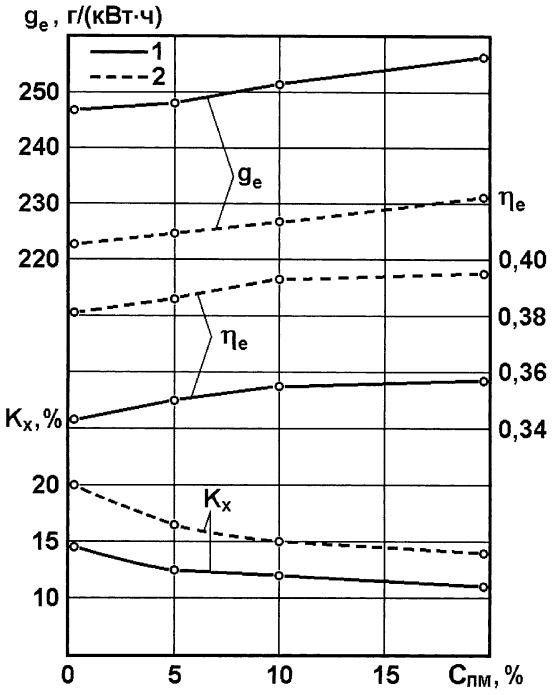


Рис. 12. Зависимость удельного эффективного расхода топлива g_e, эффективного КПД двигателя η_e и дымности ОГ K_x от содержания подсолнечного масла $C_{ПМ}$ в смесевом биотопливе на режимах внешней скоростной характеристики:

1 — на режиме максимальной мощности при n = 2400 мин$^{-1}$; 2 — на режиме максимального крутящего момента при n = 1600 мин$^{-1}$

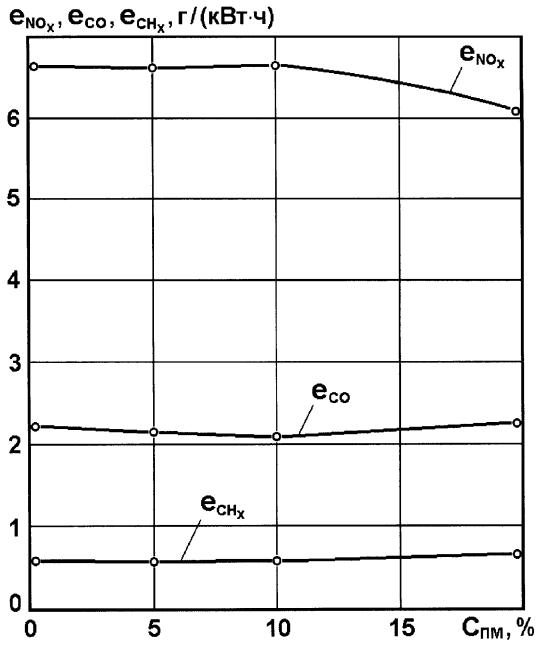


Рис. 13. Зависимость удельных массовых выбросов оксидов азота e_{NO_x}, монооксида углерода e_{CO} и углеводородов e_{CH_x} от содержания подсолнечного масла $C_{ПМ}$ в смесевом биотопливе на режимах 13-ступенчатого испытательного цикла

оказывает заметного влияния на эти показатели работы исследуемого дизеля.

В указанном диапазоне изменение содержания ПМ в смесевом биотопливе $C_{ПМ}$ отмечено увеличение удельного эффективного расхода топлива g_e, составившего на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента $\Delta g_e = 8{,}5—9{,}4$ г/(кВт · ч) (см. рис. 12). Это вызвано меньшей теплотой сгорания исследуемых смесевых биотоплив по сравнению с дизельным топливом. Однако при этом эффективный КПД дизеля η_e изменяется незначительно: на режиме максимальной мощности при $n = 2400$ мин$^{-1}$ он увеличился с 0,343 до 0,357, а на режиме максимального крутящего момента при $n = 1600$ мин$^{-1}$ — с 0,381 до 0,395.

В рассматриваемом диапазоне изменение содержания ПМ в смесевом биотопливе $C_{ПМ}$ отмечено значительное снижение дымности ОГ K_x составившее на режимах максимальной мощности и максимального крутящего момента $\Delta K_x = 3{,}5—6{,}0$ % по шкале Хартриджа (см. рис. 12).

Значения удельных массовых выбросов токсичных компонентов e_{NO_x}, e_{CO}, e_{CH_x}, представленные на рис. 13 и в табл. 4, подтверждают зависимость экологических показателей транспортного дизеля от состава смеси ДТ и ПМ. При увеличении содержания ПМ в смесевом биотопливе $C_{ПМ}$ с 0 до 20 % выброс наиболее значимых токсичных компонентов ОГ дизелей — оксидов азота e_{NO_x} снизился с 6,630 до 6,078 г/(кВт · ч), т. е. на 8,3 %. При этом выброс монооксида азота e_{CO} остался практически неизменным — он возрос с 2,210 до 2,257 г/(кВт · ч), т. е. на 2,1 %. Однако минимум эмиссии монооксида углерода e_{CO} = = 2,091 г/(кВт · ч) отмечен при $C_{ПМ} = 10$ %. Но следует отметить, что указанные изменения величины e_{CO} соизмеримы с точностью определения содержания этого токсичного компонента в ОГ. В исследуемом диапазоне изменения $C_{ПМ}$ отмечен рост эмиссии только несгоревших углеводородов. Их выброс e_{CH_x} возрос с 0,580 до 0,647 г/(кВт · ч), т. е. на 11,5 %. Такое возрастание эмиссии углеводородов CH_x вызвано увеличением длины струй распыливаемого смесевого биотоплива, обусловленным его большей плотностью, повышением количества топлива, попадающего на стенки камеры сгорания и, следовательно, доли пленочного смесеобразования. Снижение выброса углеводородов может быть достигнуто путем совершенствования проточной части распылителей форсунок для уменьшения длины струй распыливаемого топлива и их согласованием с формой камеры сгорания дизеля.

Таким образом, проведенный комплекс экспериментальных исследований подтвердил возможность эффективной работы транспортного дизеля на смесях ДТ и ПМ. Использование подсолнечного масла в качестве топлива для дизелей позволяет не только обеспечить частичное замещение нефтяных моторных топлив на альтернативные биотоплива, получаемые из возобновляемых источников энергии, и утилизацию растительных масел, не пригодных к пищевому использованию, но и улучшить показатели токсичности ОГ дизеля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Гайворонский, А. И**. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. [Текст] // А. И. Гайворонский, В. А. Марков, Ю. В. Илатовский — М.: ООО "ИРЦ Газпром", 2007. — 480 с.
2. **Девянин, С. Н.** Растительные масла и топлива на их основе для дизельных двигателей [Текст] / С. Н. Девянин, В. А. Марков, В. Г. Семенов. — М.: Издательский центр ФГОУ ВПО МГАУ, 2008. — 340 с.
3. **Евдокимов, А. Ю.** Топлива и смазочные материалы на основе растительных и животных жиров [Текст] / А. Ю. Евдокимов, И. Г. Фукс, Л. Н. Багдасаров. М.: ЦНИИТЭИнефтехим, 1992. — № 5. — С. 7—9.
4. **Каргиев В.** Законодательные инициации Европейского Союза по стимулированию применения альтернативных видов топлива для транспорта и энергоснабжения [Текст] / В. Каргиев // Автогазозаправочный комплекс + альтернативное топливо. — 2005. — № 5. — С. 56—59.
5. **Кулиев, Р. Ш.** Физико-химические свойства некоторых растительных масел / Р. Ш. Кулиев, Ф. Р. Ширинов, Ф. А. Кулиев // Химия и технология топлив и масел. — 1999. — № 4. — С. 36—37.
6. **Льотко, В.** Применение альтернативных топлив в двигателях внутреннего сгорания [Текст] / В. Льотко, В. Н. Луканин, А. С. Хачиян. — М.: Изд-во МАДИ (ТУ),. 2000. — 311 с.
7. **Марков В. А.** Токсичность отработавших газов дизелей [Текст] / В. А. Марков, Р. М., Баширов, И. И. Габитов. — М: Изд-во МГТУ им. Н. Э. Баумана, 2002. — 376 с.
8. **Сайт** http://www.Wikipedia.ru.
9. **Паронян, В. Х.** Технология жиров и жирозаменителей [Текст] / В. Х. Паронян. — М.: Изд-во "ДеЛи принт", 2006. — 760 с.
10. **Улучшение** качества процесса смесеобразования дизеля при его работе на рапсовом масле [Текст] / В. А. Марков, Д. А. Коршунов, С. Н. Девянин и др. // Безопасность в техносфере. — 2007. — № 5. — С. 26—30.
11. **Химия** жиров [Текст] / Б. Н. Тютюнников, З. И. Бухштаб, Ф. Ф. Гладкий и др. — М.: Колос, 1992. — 448 с.
12. **Шкаликова, В. Н.** Применение нетрадиционных топлив в дизелях. [Текст] / В. Н. Шкаликова, Н. Н. Патрахальцев. — М.: Изд-во Российского университета дружбы народов, 1993. — 64 с.

Мобильный комплекс для испытания систем электростартерного пуска

Лебедев С. А.,
канд. техн. наук,
Рязанский военный автомобильный институт,
В. С. Антипенко,
канд. техн. наук
проф.,
С. В. Антипенко,
инж.;
МГТУ "МАМИ"

Рассмотрены особенности и результаты практического использования молекулярных накопителей энергии и их характеристики, предназначенные для пуска двигателей внутреннего сгорания спецтехники, полученные в Рязанском военном автомобильном институте.

Ключевые слова: *пусковые устройства, молекулярные накопители, практическое применение*

Проблема повышения надежности пуска двигателя внутреннего сгорания (ДВС) при низких температурах и сегодня актуальна.

Одной из наиболее существенных причин, определяющих надежность пуска в этих условиях, является состояние аккумуляторной батареи (АБ), внутреннее сопротивление которой существенно возрастает при понижении температуры и становится фактором, ограничивающим пусковой ток. В последние годы повышенное внимание уделяется молекулярным накопителям энергии (МНЭ), которые, обладая высокой удельной энергией, в процессе пуска способны значительно снизить токовую нагрузку на АБ, улучшив тем самым ее характеристики и срок службы. В связи с этим возникает необходимость разработки в качестве источника электрической энергии для систем электростартерного пуска (СЭП) комбинированного источника тока (КИТ), включающего в себя АБ и МНЭ.

В Рязанском военном автомобильном институте давно ведутся исследовательские работы по разработке перспективных источников электроэнергии для военной автомобильной техники (ВАТ). Для испытания КИТ на различных образцах ВАТ в институте были созданы передвижные пуско-зарядные устройства ППЗУ-14 и ППЗУ-28 для СЭП с номинальным напряжением соответственно 12 и 24 В*.

Сегодня авторы хотят дать информацию о создаваемом диагностическом комплексе для СЭП, который позволит проводить испытания и исследования новых СЭП и источников электрической энергии к ним в различных условиях и получать высокоточные результаты.

В настоящее время СЭП испытываются на двух силовых установках ЗМЗ-4062 и КАМАЗ-740.

Благодаря развитию электроники и современным измерительным средствам, создаваемый диагностический комплекс удается укомплектовать приборами, обладающими высокой точностью и позволяющими снимать все необходимые характеристики и параметры системы и источников тока в реальном времени и в любом масштабе: напряжение, сила тока, частота вращения коленчатого вала, температура, степень заряженности и емкость АБ и др. Это удобно для обработки результатов испытаний, создания банка данных, проведения сравнительного анализа.

Рис. 1. Преобразователь тока АРРА-39Т

* См. журн. "Грузовик&", 2007 г. № 8.

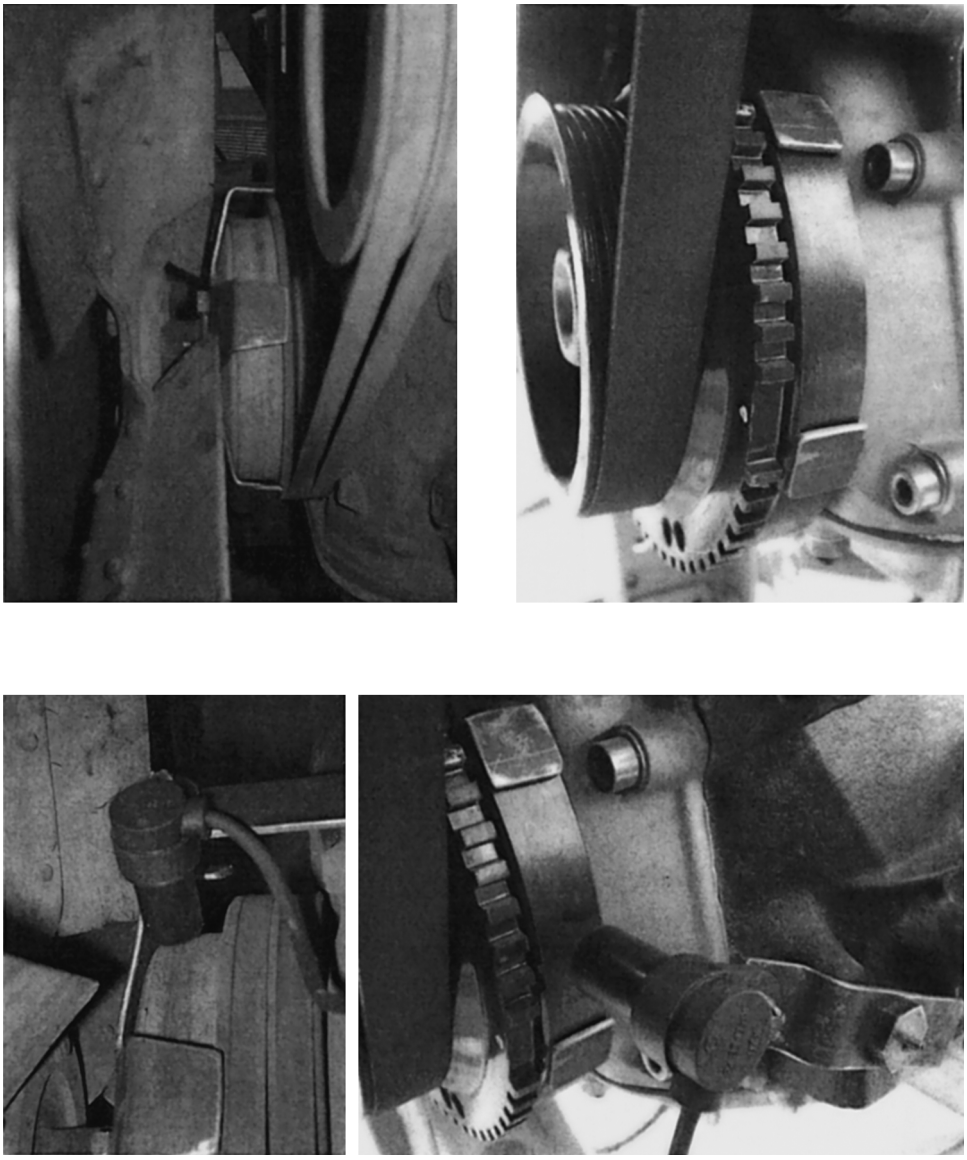


Рис. 2. Установка сигнальных пластин и датчика ТК-34 на двигатели КАМАЗ 740 и ЗМЗ-4062

В состав диагностического комплекса входят: USB осциллограф; токовый преобразователь АРРА-39Т (2 шт.); измеритель частоты вращения коленчатого вала двигателя, включающий электромагнитный датчик ТК-34 и преобразователь сигналов электромагнитного датчика; анализатор аккумуляторных батарей "Мега-001"; мультиметр; секундомер; термометр; ПЭВМ; комплект соединительных кабелей.

Универсальный USB-осциллограф дает возможность фиксировать одновременно значения пяти характеристик. Программа позволяет разбивать графики на отдельные участки, временной "маркер" — одновременно определять значения измеряемых параметров в любой момент времени с периодичностью до 0,001 с.

Для того чтобы определить, какую роль играют в работе КИТ батареи и МНЭ, необходимо к USB-осциллографу подключить два токовых преобразователя АРРА-39Т и два кабеля для измерения напряжения, которые будут подсоединены непосредственно к полюсным выводам АБ и МНЭ. Получаемые осциллограммы помогут оценить работу различных типов АБ и МНЭ в составе КИТ.

Для преобразования и измерения силы стартерных токов применяется токовый преобразователь АРРА-39Т (рис. 1). Преобразователь выполнен в ударопрочном корпусе, имеет индикацию включения питания и разряда батареи, установку нуля. Технические характеристики прибора представлены в табл. 1.

Для измерений преобразователь устанавливается на силовой стартерный провод, идущий от положительного зажима источника электрической энергии, и через соединительный кабель подключается к USB-осциллографу, который фиксирует текущее значение силы стартерного тока.

Измеритель частоты вращения коленчатого вала двигателя включает электромагнитный датчик ТК-34 и преобразователь сигналов электромагнитного датчика. Для размещения датчика на различных двигателях изготовлен комплект креплений датчика. Для его срабатывания на шкивах закрепляются сигнальные пластины. Датчик должен размещаться на расстоянии око-

Таблица 1

Технические характеристики преобразования тока АРРА-39Т

Наименование	Значение
Тип преобразователя	Датчик Холла
Измеряемый ток	Постоянный и переменный
Диапазон и погрешность измерений	0—100 А ±(2,9 % + 2 А) 0—1000 А ±(2,9 % + 5 А)
Нагрузка (импенданс)	100 кОм
Максимальный диаметр провода (шины)	50 (24 × 60) мм
Защита от перегрузки	1000 В
Источник питания	Тип "Крона", 9 В
Срок службы источника питания	66 ч
Время автоотключения питания	30 мин
Габаритные размеры	90 × 232 × 32 мм
Масса	420 г

Рис. 3. Анализатор химических источников тока "МЕГА 001"

Таблица 2

Технические характеристики анализатора ХИТ "МЕГА 001"

Параметры	Значение
Напряжение замкнутой цепи, В	8,0—15,0
Омическая составляющая внутреннего сопротивления, мОм	0,5—300
Сила тока проворачивания вала (стартерный режим разряда), А	1—2000
Температура на положительном выводе ХИТ, °С	Минус 30—плюс 50
Относительная погрешность измерения, %	±1,0
Относительная погрешность измерения омической составляющей внутреннего сопротивления, %	±5,0
Относительная погрешность измерения силы тока проворачивания вала, %	±10,0
Относительная погрешность измерения температуры, %	±2,0

ло 5 мм до пластин (рис. 2). Для дизеля КАМАЗ 740 сигнальные пластины выполнены в виде шестиконечной звезды, лопасти которой находятся под углом 60° одна от другой. Тем самым за один оборот коленчатого вала с одинаковой частотой, магнитное поле наводится 6 раз за одинаковые промежутки времени. Звезда закрепляется четырьмя винтами шкива гидромуфты двигателя, что обеспечивает жесткую связь с коленчатым валом. Для простоты монтирования на двигатель звезда разделена на две составные части, что обеспечивает возможность установки ее без дополнительных работ (снятие радиатора, вентилятора и т. д.).

Так как испытания МНЭ проводятся с АБ разных типов и разного технического состояния, для их оценки применяется анализатор аккумуляторных батарей "Мега-001" (рис. 3).

Анализатор является электроизмерительным цифровым комбинированным прибором, предназначенным для быстрой оценки электрических параметров и состояния свинцово-кислотных АБ. Измерения проводятся одновременно по пяти величинам: напряжение разорванной цепи (НРЦ), сопротивление, максимальная сила тока, которую способна отдать АБ в стартерном режиме разряда, остаточная электрическая емкость и температура. Результаты измерений отображаются в числовом виде на ЖК-дисплее, установленном на лицевой панели прибора. Основные технические характеристики анализатора представлены в табл. 2.

Компактное и мобильное оборудование диагностического комплекса позволяет проводить углубленную диагностику как СЭП, так и систем электроснабжения в стационарных и полевых условиях.

ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

А.Г. Суслов, В.Ф. Безъязычный, Ю.В. Панфилов и др.

Под ред. А.Г. Суслова. 2008. – 320 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03427-7

Цена 550 р. с НДС

Экономическая целесообразность комплексного обеспечения качества деталей на всех стадиях их жизненного цикла вызвала необходимость аналогичного подхода и к рабочим поверхностям деталей. Здесь впервые комплексно рассмотрено качество поверхностного слоя деталей на всех этапах их жизненного цикла (проектирование, технологическая подготовка производства, контроль, сборка, испытание, диагностика, эксплуатация, ремонт, восстановление и утилизация), в результате чего сформировано учение об инженерии поверхности, занимающее сейчас одно из ведущих мест в технике.

Данная книга является первой попыткой обобщения указанного учения и его применения в практике. В ней даны примеры по инженерии поверхности конкретных изделий.

Для инженерно-технических работников и специалистов промышленных предприятий, преподавателей, аспирантов и студентов технических вузов.

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы: по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: realiz@mashin.ru
Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте WWW.MASHIN.RU

В. Н. Козловский,
Р. А. Малеев,
кандидаты
техн. наук

Современные методы компьютерного моделирования электро-оборудования автомобилей

Рассмотрены современные методы компьютерного моделирования, используемые в проектировании электрооборудования.

Ключевые слова: *проектирование, моделирование, электрооборудование автомобилей.*

Компьютерное моделирование сегодня активно развивается в двух направлениях: системное моделирование и моделирование на основе нечеткой логики. В свою очередь системное моделирование можно разделить на две составляющие — имитационную и расчетную.

Центральным понятием системного моделирования является само понятие "система", под которой понимается совокупность объектов, компонентов или элементов произвольной природы, образующих некоторую целостность в том или ином контексте. Определяющим принципом рассмотрения некоторой совокупности объектов как системы является появление у нее новых свойств, которых не имеют составляющие ее элементы [1].

Наиболее общей моделью системы является так называемая модель "черного ящика". В этом случае система представляется в виде прямоугольника, внутреннее устройство которого скрыто. Система не полностью изолирована от внешней среды, поскольку последняя оказывает на систему воздействия (входные воздействия). В свою очередь система также оказывает на среду или другие системы определенные воздействия, которые называются выходные воздействия.

Имитационное моделирование заключается в создании полноценной компьютерной модели посредством блоков имитации, входящих в стандартный программный пакет. Разработчик пакетов моделирования предоставляет пользователю библиотеки компонентов, описывающих реальные устройства. Разработка моделей средствами Simulink, CircSolver, APLAC, Electronic WorkBench основана на использовании технологии Drag-and-Drop (Перетащи и оставь). В качестве "кирпичиков" для построения модели используются модули, хранящиеся в библиотеках. Например, библиотеки Simulink последних версий содержат около 150 стандартных модулей, среди них электронные компоненты и электродвигатели [2]. Блоки, включаемые в создаваемую модель, могут быть связаны друг с другом как по информации, так и по управлению. Для удобства работы пользователя библиотека блоков разбита на несколько разделов: источники, потребители, дискретные элементы, линейные, нелинейные элементы, соединения. Каждый блок имеет, по крайней мере, один параметр настройки.

Наряду с другими параметрами моделирования пользователь может задавать способ изменения модельного времени (с постоянным или переменным шагом), а также условия окончания моделирования.

Любая модель может иметь иерархическую структуру, т. е. состоять из моделей более низкого уровня, причем число уровней иерархии практически не ограничено, что важно при организации моделей управления и анализа качества и надежности сложных технических устройств.

В ходе моделирования можно наблюдать процессы, происходящие в системе. Для этого используются специальные "смотровые окна", входящие в состав библиотек. Интере-

сующие пользователя характеристики системы могут быть предоставлены как в числовой, так и в графической форме.

К достоинствам такого направления относится то, что необходимые характеристики можно получить, воспользовавшись набором стандартных блоков библиотеки. При этом не нужно проводить полное математическое описание исследуемого объекта. Использование таких моделей наиболее эффективно в тех случаях, когда не требуется уточнять влияние модулей имитации на работу модели в целом.

С. В. Акимов [3] для создания вычислительной модели вентильного генератора с различными вариантами обмотки статора использовал имитационные структуры в терминах ППП "Ирис". Здесь стальные участки магнитной цепи представлены в виде источников тока со ссылкой на кривые намагничивания стали участков проводимости воздушного зазора. Модель выпрямителя собрана с использованием встроенной модели диода с параметрами автомобильного диода Д104.

В САПР НПО "Автоэлектроника" для того, чтобы осуществить испытания системы электрооборудования автомобиля, проводится имитация основных ее элементов. Для этого имеются соответствующие информационные базы, содержащие описание основных характеристик и параметров компонентов подсистем.

Для создания сложных систем, к числу которых в полной мере можно отнести модели устройств: генератор, электростартер и электромеханический усилитель рулевого управления (ЭМУР) — когда производится описание группы свойств объекта, состоящего из нескольких компонентов, когда необходимо автоматизировать поиск оптимального решения или вскрыть оригинальную зависимость, предпочтительно использовать математический аппарат и элементы логики совместно со средствами имитационного моделирования.

Компьютерное математическое моделирование перечисленных устройств можно осуществить двумя способами: моделированием на основе методик расчета конструкции и рабочих характеристик — расчетное моделирование; моделированием на основе описания работы электромеханического преобразователя посредством систем дифференциальных уравнений (СДУ).

Расчетное моделирование широко используется при создании систем автоматизированного проектирования. Создание полноценной расчетной модели заключается в написании программы расчета технических характеристик устройства по алгоритму на основе методик расчета. Для полной автоматизации вычислений в такой модели необходимо учитывать свойства материалов, из которых изготовлено изделие. Методики расчета технических характеристик устройств, имеющих в своем составе электромеханические преобразователи, рассмотрены в работах В. А. Балагурова, И. П. Копылова, Ю. А. Купеева, А. Г. Морозова, И. М. Постникова, П. С. Сергеева, В. Е. Ютта. Для построения расчетных моделей технических характеристик автомобильных генератора, электростартера, электромеханического усилителя рулевого управления наиболее приемлемы методики расчета соответственно генераторов переменного тока с радиальным магнитным потоком, двигателя постоянного тока с электромагнитным возбуждением или с возбуждением от постоянных магнитов. Однако с учетом того, что в настоящее время большое внимание уделяется вопросам перехода ЭМУР на базу электромеханического преобразователя вентильно-индукторного типа (ВИД), а также активно исследуется возможность перехода от стандартных генераторов и электростартеров на комплексные стартер-генераторы, необходимо учитывать проблемы перехода на новую технику и максимально смягчить возможные несоответствия в процессах проектирования и производства за счет исследований перспективных направлений развития автомобильного электрооборудования в области обеспечения качества и надежности.

К достоинствам расчетной модели относится:

— гибкость расчета при изменении значений входных параметров, так как все зависимые коэффициенты введены в программу расчета, где производится их автоматизированный поиск;

— простота структуры и поиска возможных отклонений, связанных с разделением расчета на модули операций, объединенных в крупные образования;

— возможность получения всех необходимых выходных характеристик за короткий временной интервал.

Компьютерное моделирование работы на основе систем дифференциальных уравнений в современных вычислительных программных комплексах дает возможность для наиболее оптимального сочетания аналитической и имитационной частей, так как и в том и другом случае решение модели производится в реальном масштабе времени.

Моделирование работы электрических машин на основе СДУ и сегодня остается востребованным способом математического моделирования. Наиболее известны работы в этом направлении отечественных ученых С. В. Акимова, Е. В. Кононенко, И. П. Копылова, А. В. Лооса, Ф. А. Мамедова, И. М. Постникова, Г. А. Сипайлова, И. И. Трещева, М. Н. Фесенко, А. Е. Чернова и других.

В последнее время все чаще в практику решения научных и инженерных задач начинает внедряться метод нечеткого моделирования. Это своего рода новая технология, которая получила развитие благодаря увеличению сложности математических и расчетных моделей реальных систем и процессов, связанная с желанием повысить их адекватность и учесть все большее число различных факторов, оказывающих влияние на процессы.

Нечеткое моделирование оказывается особенно целесообразным, когда в описании технических систем присутствует неопределенность, которая затрудняет или даже исключает применение точных количественных методов и подходов. В области управления техническими системами нечеткое моделирование позволяет получать более адекватные результаты по сравнению с результатами, которые основываются на использовании традиционных аналитических моделей и алгоритмов управления. Диапазон применения нечетких методов расширяется, охватывая такие области, как проектирование промышленных роботов и электрооборудования.

В автомобилестроении существуют примеры применения нечеткого моделирования. Так, компания Mitsubishi объявила о выпуске первого в мире автомобиля, где управление каждой системой основано на нечеткой логике. При этом Mitsubishi также производит "нечеткий" кондиционер, который управляет изменением температуры и влажности согласно человеческому восприятию степени комфорта. Компания Nissan разработала "нечеткую" автоматическую трансмиссию и "нечеткую" противоскользящую тормозную систему и реализовала их в одном из своих последних автомобилей повышенной комфортности.

Сегодня уже есть инструменты, реализующие методологию нечеткого моделирования. Это прежде всего комплексные системы, с помощью которых осуществляется работа по поддержке принятия управленческих решений. Программы на основе нечеткой логики разработали компании IBM и Oracle. Мощный инструментарий нечеткого моделирования, предназначенный в том числе и для решения технических задач, реализован в пакете математических программ Mathlab.

В настоящее время характерной особенностью развития машиностроительной промышленности является интеграция различных сфер производственной деятельности, активное внедрение статистических методов в системы управления качеством, а философия качества становится важнейшим элементом конкурентоспособности. Можно утверждать, что следующим этапом развития моделирования будет создание крупномасштабных компьютерных моделей, синтезирующих в себе средства расчетного, имитационного, нечеткого моделирования, а также моделирования на основе законов теории вероятности, статистики и логики. Именно такая единая виртуальная среда на современном уровне развития вычислительной техники способна не только проводить анализ, но и решать задачи обеспечения требуемого уровня качества и надежности электрооборудования автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Леоненков, А. В.** Нечеткое моделирование в среде Mathlab и fuzzyTECH [Текст] / А. В. Леоненков. — СПб.: БХВ-Петербург, 2003. — 736 с.
2. **Гультяев, А. К.** Имитационное моделирование в среде Windows [Текст] / А. К. Гультяев. — СПб., 1999. — 288 с.
3. **Акимов С. В.** Вычислительная модель вентильного генератора с различными вариантами обмотки статора [Текст] / С. В. Акимов, А. В. Башкиров, С. К. Руновский // Автотракторное электрооборудование. — 2002. — № 5—6. — С. 10.
4. **Акимов, С. В.** Макромодель системы электроснабжения автомобиля [Текст] / С. В. Акимов, И. В. Сенькин, Л. С. Ходош // Сборник научных трудов МАМИ "Электрическое и электронное оборудование автомобилей, тракторов и их роботизированных производств". — М., 1992. — С. 75.

Contents

2 *Karmanov K. N., the Orenburg state university.* Trolley bus LIAZ 5280

Today despite of reduction in 90-years of the last century of use of such kind passenger-public-transport as the trilley bus, again grow interest to this kind of ecectrotransport. LIAZ has started creation of the modern sample of a city trolley bus of new generation.

Keywords: a trolley bus, transport, the passenger, city, ecology, manufacture, unification, safety, economy, an infrastructure.

5 *Zakharik J. M., Doctor of science, Zakharik An. M.* Doctor of philosophy. System GSC of Car Units Control

System GSC structure is stated. Basic functions realised by a control system are described. Economic feasibility of developed system introduction is considered.

Keywords: car, driver, engine, equipment, function, information, mode, processor, program, research, sensor, structure, suspension, system, unit.

10 *Lebedev S. Al., Lieutenant colonel, Candidate of the technical sciences, Senior scientific employee-competitor "Dubynin Military Automobile Institute, Ryazan" "DMAI, Ryazan".* We Choose Chemical Source of the Current

The considered problem of the choice of the chemical source of the current. The presented categorization of the main chemical sources of the current. The considered state of working and main features of the sources of the current. The offered order of the choice of the source of the current for concrete object of the using. The specified advantage and defect of the chemical sources of the current of the system electric-chemical miscellaneous.

Keywords: chemical sources of the current, battery, categorization, main parameters, comparative estimation.

15 *Zakharik J. M., Doctor of science, Zakharik An. M., Doctor of philosophy, Zakharik Al. M., Doctor of philosophy.* Executive Mechanisms of systems of Automatic Control of Mechanical Transmissions

Method of creation of executive mechanisms of systems of automatic control is stated by transmissions. Schemes of existing and perspective executive mechanisms are resulted, their lacks and advantages are shown. Features and work electro-pnevmo-gidro executive mechanisms are described. Results of the comparative analysis of executive mechanisms of system of automatic control are considered by transmissions.

Keywords: characteristic, contour, distributor, cylinder, executive mechanism, function, link, management, piston, scheme, system, valve.

25 *Roldugin A. L., engineer, businessman, town Leo Tolstoy Lipetsk region.* Formalismal requisition at sound signaling device control-diagnostics system automobile

Sound signaling device boundary parameter and salvage regime state detail, knots, .unites and automobile system need for duplicate signal control-indicator apparatus and inform driver. No signaling device must answer the whole to demand — operational, climatic, dependability, acoustic salon, place setting. This is require well-founded and formalismal in this article.

Keywords: sound, signaling device, automobile.

27 *Roldugin A. L., engineer, businessman, town Leo Tolstoy Lipetsk region, Polykov N. A., engineer, town Moscow.* Methods choice display (indicators) for board systems automobile.

Display — this is constituent part electrical equipment modern automobile. Display to use in quality system conclusion information or state knots, unite, detail automobile, place automobile or in quality monitor system navigation. That quality was born display constructor-project depend security drivers, comfort, regular and effective receiving informations driver.

Keywords: method, display, system.

31 *Kopotilov V. I., Candidate of Technical Science, TVVIKU (VI).* Energetie effeciency of Motor vehicles

Index is proved to be equal of product of indicated efficiency of engine on mechanical efficiency of vehicle. The article examines the influence of quality of transported goods, specific carrying capacity, ranks of dispersal and other factors on efficiency of energy utilization. The assessment is given to the maximum level of energetic efficiency of vehicles.

Keywords: motor vehicles, energy expenditure, efficiency.

35 *Gursky N. N., Doctor of philosophy, Zakharik An. M., Doctor of philosophy, Zakharik Al. M., Doctor of philosophy.* Modelling of Fluctuations of Wheel Cars

In article are considered questions of modeling of fluctuations of wheel machines. Presented mathematical model multiaxis wheel machine. They are brought main geometric and physico-mechanical parameters of the saddle tractor. Stated results of analysis of oscillatory processes of the speed-ups of centre of masses of the saddle tractor and probability not take-off travel about when moving on given casual profile roads.

Keywords: analysis, characteristics, communications initial conditions, distribution, friction, modelling, oscillatory process, research, settlement scheme, shock-absorber, vehicle.

38 *Roldugin A. L., engineer, businessman, town Leo Tolstoy Lipetsk region, Polykov N. A., engineer, town Moscow.* Economical and technical criterion or choice apparatus and of means program on board electrical control system and diagnostic automobile.

On board control and diagnostic system automobile may to realize means apparatus as analog or digital electronic or apparatus-program means.as on microcircuit or microcontrollers. For choice technical means constructor to propose choice algorithm. Economical effectives choice to propose define of help empirical formulas.

Keywords: economics, technology, criterions.

41 *Faskhiev H. A., Doctor of Technical sciences, Open joint-stock company "KAMAZ".* Substantiation of Economic efficiency of Development of Manufacture of Completing Products

The design procedure of economic efficiency of development of manufacture of completing products at car assembly factory is developed. The example of calculation of economic efficiency of development of manufacture in Open Society "KAMAZ" the gear wheels of the main transfers of the main tractors is resulted.

Keywords: investments, economic efficiency, life cycle of the investments, the discounted monetary stream, pure current cost, the gear wheels, the main transfer, release volume.

46 *Markov V. A., D. Sc. (Eng.), professor of "Heat Physics" department of the Bauman Moscow State Technical University, Devyanin S. N., D. Sc. (Eng.), head of "Tractors and Automobiles" department of the Moscow State University for Agriculture and Engineering n.a. V. P. Goryachkin, Shuster A. Yu., Post-graduate of "Heat Physics" department of the Bauman Moscow State Technical University.* Utilization of sunflower oil as a fuel for diesel engines.

Possible ways of utilizing sunflower oil as a fuel for diesel engines are considered. Experimental work on D-245.12C diesel engine fueled with mixture of sunflower oil and diesel fuel of different percentage has been carried out. Possibility of exhaust toxicity characteristics improvement by using these mixtures as a fuel for automotive and tractor diesel engines is demonstrated.

Keywords: diesel engine, diesel fuel, sunflower oil, biofuel mixture.

57 *Lebedev S. A., Dr. The Ryazan military automobile institute, Antipenko V. S., Dr., professor, Antipenko S. V. engeneer.* MGTU "MAMI". Starting Devices for Automobile Technical Equipment

In work starting devices for internal combustion engines of automobile technical equipment, their structure and characteristics their component, results of the lead tests in the Ryazan military automobile institute are considered.

Keywords: starting devices, characteristics, results of tests.

60 *Kozlowski V., Maleev R. Candidates of technical sciences.* Modern methods of computer modeling in designing an electroequipment of cars

In work is conduct analysis of modern methods of computer modeling used in designing an electroequipment.

Keywords: designing, modeling, electroequipping the cars.

Художественный редактор *Т. Н. Галицына.* Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Т. В. Пчелкина.*

Сдано в набор 06.03.2009. Подписано в печать 13.04.2009. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 7,84. Уч.-изд. л. 9,11. Заказ 264.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15