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.

Грузовик & с приложением

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

В номере

Конструкция

2 *Мысливец Б. М.* Первые в нашей стране трамвайные вагоны с низким уровнем пола

6 *Автомобили* КАМАЗ-5360, 53605, 5460, 6460, 6520, 65201 (Продолжение)

13 *Фасхиев Х. А., Карелин Д. Л.* Адаптивная гидропневматическая опора силового агрегата

16 *Шибаков В. Г., Карабцев В. С., Валеев И. Д.* Оптимизация конструктивных параметров автомобиля с использованием компьютерного моделирования

Эксплуатация. Ремонт

20 *Меньшиков М. В.* Применение добавок к моторным маслам двигателей

Исследование. Расчет

26 *Гурский Н. Н., Захарик Ан. М., Захарик Ал. М., Э. Аюби А. Кадер Кароми.* Моделирование тяговых и тормозных режимов колесных машин

31 *Козловский В. Н., Малеев Р. А.* ABC анализ в обосновании выбора главных элементов надежности электрооборудования автомобиля

34 *Захарик Ю. М., Захарик Ан. М., Захарик Ал. М.* Моделирование работы системы управления скоростным режимом автомобиля

Экономика

40 *Фасхиев Х. А.* Управление конкурентоспособностью машиностроительного предприятия

Информация

53 *Нагайцев М. В., Винников Д. Н.* Адаптивное управление переключением передач двухзвенной гусеничной машины

56 *Contents*

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

6 '2009 (№ 155)

Б. М. Мысливец,
инженер,
Почетный машиностроитель

Первые в нашей стране трамвайные вагоны с низким уровнем пола

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

Общие требования и технические предложения, краткая характеристика и основные особенности конструкции первых низкопольных (с низким уровнем пола) трамвайных вагонов отечественного производства.

Ключевые слова: *трамвайный вагон, низкопольный, конструкция.*

Трамвай — старейший вид городского общественного транспорта, и в настоящее время является удобным и привлекательным для пассажиров транспортным средством. Новые трамвайные вагоны отечественного производства значительно усовершенствованы, имеют высокие технические параметры и скоростные характеристики, современный дизайн и обеспечивают необходимые комфорт и безопасность перевозки пассажиров.

Наряду с указанными положительным качествами, основной проблемой при пользовании трамваев является обеспечение удобства посадки и высадки пассажиров, особенно инвалидов, пассажиров с детьми и лиц пожилого возраста. Препятствием для них являются входные ступеньки в дверных проемах (две—три ступеньки), так как высота уровня пола у существующих вагонов составляет около 900 мм, пассажиру, входя в вагон, приходится преодолевать лестничные ступеньки, делая три—четыре шага, а на инвалидных креслах и с детскими колясками посадка в вагон без посторонней помощи практически невозможна.

Кардинальным решением указанной проблемы явилось создание в 90-х годах прошлого века ведущими зарубежными фирмами трамвайных вагонов модульной конструкции с низким уровнем пола (без входных ступенек) на части длины или всей длине пассажирского салона. По данной концепции предусматривалось, что не менее 70 % площади пассажирского салона и вся площадь входных площадок трамвайного вагона должны иметь высоту уровня пола не более 350 мм. Для этого пришлось отказаться от традиционного устройства ходовой части вагона — двухосных тележек поворотного типа на колесных парах со сплошными осями и внутренним расположением тяговых двигателей, которые существенно ограничивали возможность понижения уровня пола в зонах над тележками [1].

Ведущие фирмы-изготовители перешли к выпуску многосекционных трамвайных вагонов модульной конструкции на тележках без сплошных осей, с низко расположенной средней частью рамы, независимым вращением колес на полуосях, с фиксацией ширины колеи поперечными связями (портальными "осями") и установкой тяговых двигателей с наружной боковой стороны тележки. Это тележки так называемого "неповоротного" типа, кузов опирается непосредственно на боковые упругие элементы вторичного рессорного подвешивания. Надрессорная балка и шкворневой узел отсутствуют, кузов соединяется с рамой тележки продольными тягами. При вписывании вагона в кривые участки пути кузов (секция кузова) поворачивается вместе с тележкой.

В нашей стране с низким уровнем пола первыми появились автобусы, а затем и троллейбусы. По трамвайным вагонам работы начались несколько позже, в начале 2000-х годов Петербургским трамвайно-механическим и Усть-Катавским вагоностроительным имени С. М. Кирова заводами, ОАО "НИИвагоностроения" и др.

ОАО "НИИвагоностроения" выполнил исследования по обобщению и анализу опыта зарубежных стран и разработал технические предложения (требования) по созданию в нашей стране трамвайных

вагонов модульной конструкции с низким уровнем пола [2].

Исходя из опыта зарубежных стран, были предложены к разработке два основных варианта отечественной конструкции трамвайного вагона с низким уровнем пола.

Первый вариант — разновысотный, предусматривает сохранение высокого уровня пола в зонах крайних моторных тележек и низкого пола в средней части без ступенек у входных дверей.

Второй вариант — низкий уровень пола 100 %, предусматривает низкий уровень пола на всей длине вагона, в том числе над тележками в проходах между боковыми сиденьями, расположенными на надколесных возвышениях (кожухах).

Для четырехосного вагона с "жестким" кузовом вариант с разновысотным уровнем пола единственно возможный, так как расположенные по концам вагона тяговые тележки поворотного типа не позволяют существенно понизить пол в этих частях кузова.

Более привлекательным для разработки с разновысотным уровнем пола является вариант шестиосного трамвайного вагона с трехсекционным кузовом, у которого средняя кузовная секция (вставка) выполнена более короткой и установлена на неповоротной бегунковой тележке специальной конструкции, позволяющей иметь центральный проход над этой тележкой с низким уровнем пола. Под концевыми секциями в зонах с высоким уровнем пола устанавливаются поворотные тележки типовой конструкции, что является определенным преимуществом данного варианта.

Вагон по второму варианту, т. е. с низким уровнем пола на 100 % длины вагона предусматривается пяти (или более) секционным, три секции которого установлены на тележках неповоротного типа, а две являются промежуточными подвесными, и имеет четыре узла шарнирного сочленения. Для обеспечения низкого пола на всей длине как бегунковая, так и тяговые тележки должны иметь специальную конструкцию с независимым вращением колес (без сплошных осей) и низко расположенными средней частью рамы и поперечными связями колес.

Работы по созданию многосекционных трамвайных вагонов модульной конструкции с низким уровнем пола рекомендовалось провести в два этапа.

На первом этапе надо разработать конструкцию и освоить производство трамвайного вагона по первому варианту, т. е. с разновысотным уровнем пола и зоной низкого пола не менее чем на 70 % длины вагона.

Такое техническое решение является более простым, однако позволит с меньшими затратами сил и времени создать и освоить производство нового вагона, отработать отдельные элементы модульной конструкции, таких как поддерживающая (бегунковая) тележка, средний кузовной модуль, узел шарнирного сочленения и др.

На втором этапе нужно приступить к созданию трамвайного вагона по второму варианту с многосекционным (3—7 секций) кузовом и низким уровнем пола на 100 % длины вагона, разработать тяговую тележку неповоротного типа принципиально новой конструкции для обеспечения низкого пола над тележкой.

Такая тележка должна быть выполнена с низко расположенной средней частью, все элементы рессорного подвешивания и тягового привода которой должны располагаться по боковым сторонам, снаружи несущих продольных балок рамы. При применении независимо вращающихся колес они должны быть соединены между собой для фиксации ширины колеи поперечной связью (порталом), образующей по типу зарубежных аналогов своеобразную колесную пару — осевой мост.

Средний кузовной модуль с поддерживающей (бегунковой) или моторной тележкой и узел шарнирного сочленения должны быть унифицированы для вагонов по первому и второму вариантам исполнения.

Петербургский трамвайно-механический завод (ПТМЗ) изготавливает четырехосные трамвайные вагоны с асинхронным тяговым приводом и частично низким уровнем пола мод. **71-131А "Соло"**, у которой низкий пол без входных ступенек выполнен только на задней накопительной площадке. В 2007 г. на трамвайных маршрутах Санкт-Петербурга экс-

плуатировалось более 30 таких вагонов, а в 2008 г. поступило еще 29 вагонов.

На ПТМЗ разработан и изготовлен четырехосный трамвайный вагон с разновысотным уровнем пола мод. **71-153** (ЛМ-2008) (рис. 1), низкий пол у которого расположен в средней части, в зоне между тяговыми тележками. Доля низкого пола у этого вагона составляет примерно 40 %, что существенно больше, чем у предыдущей модели (13—15 %). Низкий пол находится на высоте 350 мм от головки рельса, а высокий пол над тележками — на высоте 750 мм, что несколько ниже, чем у серийных вагонов (примерно 900 мм). Это достигнуто также за счет уменьшения диаметра колес с 710 до 620 мм. В зоне низкого пола расположены две средние широкие входные двери, ступеньки во входных дверях отсутствуют, что обеспечивает для пассажиров удобные вход в вагон и выход из вагона, в том числе для пассажиров на инвалидных креслах и с детскими колясками. Новый вагон после всесторонних испытаний был принят Межведомственной комиссией (МВК), и с 2008 г. началось его промышленное производство.

Более перспективным является созданный на ПТМЗ **6-осный трамвайный вагон мод. 71-152 "Пионер"** (ЛВС-2005) с долей низкого пола не менее 60 % (рис. 2). Это первый в нашей стране трамвайный вагон, по принципиальным техническим решениям приближающийся к зарубежным аналогам, выполняемым по первому варианту, т. е. с разновысотным уровнем пола.

Вагон длиной 22,5 м выполнен двухсекционным, с одним узлом сочленения, расположенным за средней бегунковой тележкой. Передняя секция установлена на двух тележках, а задняя — на одной. Крайние тележки являются тяговыми (моторными), а средняя тележка безмоторная (бегунковая). Высокий пол сохраняется только над крайними моторными тележками. Зона низкого пола занимает среднюю часть вагона, между крайними тележками, однако она не является ровной по всей длине. В проходе над средней бегунковой тележкой уровень пола несколько выше, чем в остальной части (у входных дверей), и соединяется он наклонными площадками, однако наклон их незначителен и не препятствует свободному перемещению пассажиров вдоль вагона (рис. 3). Аналогичные решения применяются и на зарубежных вагонах.

В зоне низкого пола расположены две широкие входные двери и две узкие двери по концам вагона. Накопительные площадки в дверных проемах оборудованы выдвижными откидными площадками (рис. 4) для свободного въезда инвалидных и детских колясок, а в салоне предусмотрены места с соответствующим обустройством для их размещения. При расположении сидений в пассажирском салоне по схеме 1 + 1 в вагоне насчитывается около 30 мест для сидения, а при схеме 1 + 2 — около 40 мест для сидения, а общая вместимость вагона составляет более 200 человек.

Современный дизайн и улучшенный интерьер салона, а также ряд других усовершенствований придают новому вагону привлекательный внешний вид и обеспечивают повышенный уровень комфорта для пассажиров, а оборудование вагона асинхронным тяговым приводом с управлением бортовым компьютером позволит существенно сэкономить электроэнергию и эксплуатационные затраты.

Вагон мод. 71-152 "Пионер" в 2006 г. прошел всесторонние испытания, принят Межведомственной комиссией и началось его промышленное производство. В 2007 г. для Санкт-Петербурга было изготовлено 5, а в 2008 г. 16 таких вагонов, которые успешно эксплуатируются на трамвайных линиях города.

Усть-Катавский вагоностроительный завод имени С. М. Кирова (УКВЗ) создал и изготовил **шестиосный трамвайный вагон мод. 71-630** с низким уровнем пола около 60 % длины (разновысотный вариант). Это первый в нашей стране многосекционный трамвайный вагон принципиально новой конструкции, наиболее близкий по основным техническим решениям зарубежным образцам.

Вагон мод. 71-630 выполнен трехсекционным (рис. 5), длиной 28,4 м, состоит из двух головных секций с кабинами управления на моторных поворотных тележках, средней кузовной секции на моторной тележке неповоротного типа и двух узлов шарнирного сочленения фирмы "Хюбнер" (Германия). Вагон имеет двухстороннее расположение дверей, оборудован двумя токоприемниками полупантографного типа, управляемыми каждый из своей кабины, и предназначен для двухстороннего (челночного) движения, преимущественно на скоростных линиях. Для эксплуатации таких вагонов не требуются разворотные кольца, и легко может быть организовано их движение по укороченным маршрутам. В пассажирском салоне предусмотрены 58 мест для сидения, а общая вместимость вагона составляет около 250 человек.

Зоны низкого пола у вагона мод. 71-630 располагаются только в концевых секциях между тележками, а в средней кузовной секции сохраняется высокий уровень пола, что и отличает его от первого варианта

исполнения и зарубежных образцов подобного типа, у которых проход с низким уровнем пола имеется и в средней секции. Это связано с тем, что под средней кузовной секцией установлена новая тяговая тележка неповоротного типа с уменьшенным диаметром колес (620 мм), которая позволила понизить уровень пола над тележкой только на 170 мм, т. е. незначительно. По первому варианту исполнения и опыту зарубежных стран под средней кузовной секцией должна быть применена тележка специальной конструкции (бегунковая или моторная), которая обеспечивала бы низкий уровень пола и в средней секции, в проходе над тележкой.

Трамвайный вагон мод. 71-630 — это полностью новая разработка УКВЗ совместно с ЗАО "Канопус" при участии ЗАО "Легкорельсовый транспорт" и многих смежных предприятий-разработчиков и поставщиков отдельных узлов, комплектующих изделий и новых материалов. Все основные узлы и системы вновь спроектированы специально для этого вагона. Электрооборудование выполнено с асинхронными тяговыми двигателями, управление которыми осуществляется микропроцессором с силовым преобразователем на IGBT транзисторах, что позволяет существенно снизить энергопотребление и увеличить сроки межремонтной эксплуатации.

Современный интерьер и оборудование пассажирского салона с использованием передовых технологий и новых материалов обеспечивают комфорт и привлекательность вагона для пассажиров. Применены также система противопожарной защиты, новая информационная система (бегущая строка) и ряд других усовершенствований.

В сентябре 2006 г. вагон мод. 71-630 поступил в Москву, в Краснопресненское трамвайное депо, где была осуществлена окончательная сборка вагона, выполнены пуско-наладочные работы и проведены эксплуатационные испытания без пассажиров, после чего началась опытная эксплуатация вагона с пассажирами на городском маршруте № 21. От пассажиров и обслуживающего персонала поступают положительные отзывы о новом вагоне.

Московский **"Трамвайный ремонтный завод" ("ТРЗ")** в 2008 г. изготовил **трехсекционный сочлененный трамвайный вагон с низкопольной секцией "КТ-3"**.

Вагон **КТ-3** (рис. 6) выполнен из двух, подлежащих модернизации вагонов **Т-3**, между которыми посредством двух узлов шарнирного сочленения установлена средняя кузовная вставка (секция) нового изготовления с низким уровнем пола. Для этого у переднего вагона была отрезана задняя, а у заднего вагона — передняя части кузова. Салоны заново оборудованы удобными пассажирскими сиденьями и дополнительной системой отопления, а кабина водителя выполнена исходя из современных требований эргономики и дизайна.

Основным требованием при создании нового вагона было обеспечение свободного въезда в салон инвалидных кресел и детских колясок. Для этого входная дверь в средней низкопольной секции оборудована откидной площадкой (аппарелью), которая позволяет свободный въезд в вагон инвалидов-колясочников и пассажиров с детскими колясками. В салоне низкопольной секции для них предусмотрены специальные места с соответствующим обустройством (ремни безопасности, поручни), а также установлены дополнительные электрокалориферы для поддержания комфортной температуры в зимнее время.

Новый вагон оборудован электронной системой управления на IGBT транзисторах, которая хорошо зарекомендовала себя на ранее модернизованных вагонах Т-3 и уже знакома многим эксплуатационным предприятиям. Система обеспечивает значительную экономию электроэнергии при пуске и частичную рекуперацию электроэнергии при торможении.

Трамвайный вагон КТ-3 поставлен в трамвайное депо имени Баумана (г. Москва) и эксплуатируется на городском маршруте № 17.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Мысливец, Б. М.** Трамвайные вагоны перспективной конструкции с низким уровнем пола (из опыта зарубежных стран) [Текст] / Б. М. Мысливец // "Грузовик &", 2008. — № 6. — С. 36—42.
2. **Миронов, Н. И.** О новых технических предложениях по созданию трамвайных вагонов модульной конструкции с низким уровнем пола [Текст] / Н. И. Миронов, Б. М. Мысливец и др. // Тяжелое машиностроение. 2008. — № 3. — С. 30—33.

УДК 629.33

АВТОМОБИЛИ КАМАЗ 5360, 53605 5460, 6460 6520, 65201

(Продолжение. Начало см. журн. "Грузовик &". 2007, № 3—12; 2008, № 1—7, 10—12; 2009, № 1—3, 5)

Данной статьей заканчивается продолжительная публикация материала по автомобилям КАМАЗ в соответствии с "Руководством по эксплуатации. Автомобили КАМАЗ-5360, 53605, 5460, 6460, 6520, 65201", любезно предоставленным ОАО "КАМАЗ".

Ключевые слова: *эксплуатационные материалы, моменты затяжек резьбовых соединений.*

ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ МАТЕРИАЛЫ

Для надежной работы автомобиля необходимо применять рекомендуемые заводом-изготовителем топлива, масла и специальные жидкости.

Дизельное топливо

Требования к качеству дизельного топлива регулируются Приложением 3 к специальному техническому регламенту "О требованиях к выбросам автомобильной техникой, выпускаемой в обращение на территории Российской Федерации, вредных (загрязняющих) веществ", утвержденным Правительством РФ от 12.10.2005 г.

Для эксплуатации двигателей уровня Евро-2, Евро-3 рекомендуется применение дизельных топлив, отвечающих требованиям стандарта EN 590, принятого Европейским Комитетом по Стандартизации (CEN).

Эксплуатация двигателей КАМАЗ уровня Евро-1 должна производиться на дизельном топливе, отвечающем требованиям ГОСТ 305—82 (с содержанием серы не более 0,2 %).

Моторные масла

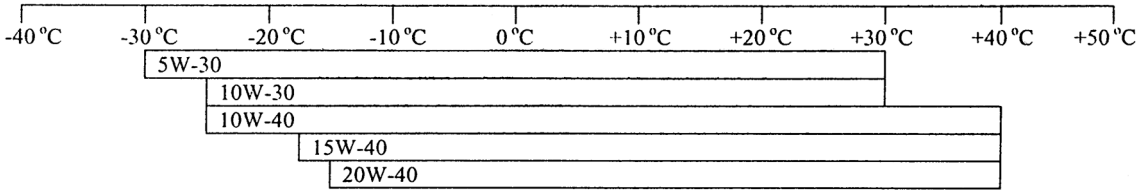
Для эксплуатации двигателей КАМАЗ рекомендуются моторные масла, отвечающие требованиям Стандарта Ассоциации автомобильных инженеров Российской Федерации СТО ААИ 003-05 "Масла моторные для автомобильных двигателей" и имеющие одобрение ОАО "КАМАЗ".

В зависимости от условий эксплуатации рекомендуется применение моторных масел следующих классов вязкости по SAE:

— SAE 15W-40, 10W-40 — всесезонная эксплуатация в умеренной климатической зоне;

— SAE 5W-40, 5W-30 — всесезонная эксплуатация в районах с холодным климатом.

Диапазон применения моторных масел приведен на рисунке.



Рекомендуемый диапазон применения моторных масел

Таблица 1

Моторные масла, допущенные для эксплуатации двигателей КАМАЗ уровня Евро-1, Евро-2

Марка масла	Номер ТУ	Производитель
ЛУКойл-Супер SAE 5W-30, 5W-40, 10W-30, 10W-40, 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-075-00148636-1999	ОАО "ЛУКОЙЛ-Пермнефтеоргсинтез", г. Пермь
CONSOL Титан Транзит SAE 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-007-17280618-2000	ООО "ВИАЛОЙЛ", г. Москва
НОРДИКС Турбодизель SAE 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-007-46827118-2002	ЗАО"Дизель-Нефтепродукт", г. Москва
Ютек Супер Дизель (U-tech Super Diesel) SAE 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-036-48120848-2004	ООО "Новокуйбышевский завод масел и присадок", г. Новокуйбышевск
Ютек Супер Дизель (U-tech Super Diesel) SAE 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-312-05742746-2003	ОАО "Ангарская нефтехимическая компания", г. Ангарск
Экстра-Дизель SAE 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 38.301-19-136-2002	ОАО "Сибнефть Омский НПЗ", г. Омск
КВАЛИТЕТ-САТУРН 5_3/14 SAE 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-015-40065452-2000	ООО НПП "КВАЛИТЕТ", г. Москва
Экойл Турбодизель SAE 15W-40, 10W-40, API CF-4/SJ	ТУ 0253-009-39968232-2003	ООО "Экопром", г. Уфа
Татнефть Профи SAE 5W-30, 5W-40, 10W-30, 10W-40, 15W-40, API CF-4/SG	ТУ 0253-002-54409843-2003	ООО "ТАТнефть-Нижнекамскнефтехим-Ойл", г. Нижнекамск
Моторные масла серии Славнефть Ультра Дизель API CF-4/SG	ТУ 0253-501-17915330-2004	ОАО "Славнефть-Ярославльнефтеоргсинтез", г. Ярославль
Моторные масла серии ТНК Дизель Супер, ТНК Дизель Мотор Плюс API CF-4/SG, CF/SJ	ТУ 0253-001-44918199-2005	ООО "ТНК смазочные материалы", г. Рязань
Моторные масла серии ТНК Дизель Супер Плюс, ТНК Дизель Супер API CG-4, CF/SJ	ТУ 0253-002-44918199-2005	ООО "ТНК смазочные материалы", г. Рязань
Лукойл Супер SAE 10W-40, API CF-4/SG	ТУ 38.601-07-38-2002	ОАО "ЛУКОЙЛ-Нижнегороднефтеоргсинтез", г. Нижний Новгород
Новойл Турбо Дизель SAE 10W-40, 15W-40, API CF-4/SH	ТУ 0253-018-05766528-2004	ОАО "Ново-Уфимский НПЗ", г. Уфа
Масло моторное SAE 20W-50, 15W-40, типа CF-4/SJ	Tsh 39.3-205:2004	Ферганский НПЗ, г. Фергана

Таблица 2

Моторные масла зарубежных производителей, допущенные для эксплуатации двигателей КАМАЗ уровня Евро-2

Марка масла	Производитель
ZIC SD 5000 SAE 10W-30, CF-4/SH	SK CORPORATION, Seoul, Korea
LIQUI MOLY Nova Super HD Motorol, SAE 15W-40, API CF-4/SG, ACEA A2-96/B2-98/E2-98	LIQUI MOLI GmbH (Германия)
Mobil Delvac Super 1400 15W-40, API CG-4/CF/SJ, ACEA E3/B4/B3/A3	"Эксон Мобил Петролеум Энд Кемикал" (Бельгия)

Таблица 3

Моторные масла, допущенные для эксплуатации двигателей КАМАЗ уровня Евро-3

Марка масла	Производитель
Shell Rimula D Extra 15W-40, CG-4	SHELL
Chevron Delo® 400 Multigrade 15W-40, CI-4/SL	CHEVRON
Texaco Ursa Super La 15W-40, CG-4	TEXACO
Mobil Delvac MX Extra 10W-40, API CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF/SL/SJ, ACEA E7/E5/E3/B4/B3/A2	"Эксон Мобил Петролеум Энд Кемикал" (Бельгия)
Mobil Delvac MX 15W-40, API CI-4/CH-4/CG-4/CF-4/CF/SL/SJ, ACEA E7/E5/E3/B4/B3/A2	"Эксон Мобил Петролеум Энд Кемикал" (Бельгия)
RAVENOL Expert SHPD SAE 10W-40, CI-4/CH-4/CG-4/CF/SL, ACEA 2002 E5/E2/A3/B3/B4, ACEA 2004 E7/A3/B3/B4	Ravensberger Schmierstoffvertrieb GmbH (Германия)
RAVENOL Turbo-Plus SHPD SAE 15W-40, CI-4/CH-4/CG-4/CF/SL, ACEA B3-98/B4-02/E3-96/E5-02	Ravensberger Schmierstoffvertrieb GmbH (Германия)

Перечень моторных масел, допущенных для эксплуатации двигателей КАМАЗ, приведен в табл. 1—3.

Трансмиссионные масла

Для эксплуатации коробок передач и агрегатов трансмиссии КАМАЗ рекомендуются трансмиссионные масла группы GL-4 по классификации API.

Для эксплуатации гипоидных мостов рекомендуются трансмиссионные масла группы GL-5 по классификации API.

В зависимости от условий эксплуатации рекомендуется применение трансмиссионных масел следующих классов вязкости по SAE:

— SAE 90 (эксплуатация до минус 18 °С и в качестве основной марки для стран с тропическим климатом);

— SAE 85W/90, SAE 80W/90 (всесезонная эксплуатация в умеренной климатической зоне при температурах до минус 12 и 26 °С соответственно);

— SAE 75W/90 (всесезонная эксплуатация в районах с холодным климатом при температуре до минус 40 °С).

В н и м а н и е! Эксплуатацию коробок передач ZF надо производить строго на маслах, допущенных фирмой ZF.

Для эксплуатации коробок передач **ZF16S151, 9S109, 8S1350** рекомендуются масла класса: **02A, 02B, 02C, 02D, 02H, 02L**.

Для эксплуатации коробок передач **ZF16S151** с интардером рекомендуются масла класса: **02C, 02D, 02H, 02L**.

Рулевые масла

Для эксплуатации рулевого управления с использованием узлов фирм RBL, ZF рекомендуются следующие масла:

— Transmatic Dexron IID (ATF 5.3);
— Transmatic Type A (ATF 2.3);
— SHELL Donax TA;
— SHELL Donax TX;
— Universal ATF S 5000 (ATF 5,21);
— Universal ATF 3000 (ATF 0,4).

Охлаждающая жидкость

Система охлаждения двигателей заполняется охлаждающей жидкостью, представляющей собой водный раствор антифриза (на основе этиленгликоля с добавлением антикоррозионных и антипенных присадок).

В ходе эксплуатации необходимо следить за плотностью охлаждающей жидкости. Так, плотность охлаждающей жидкости при температуре 20 °С должна быть:

Таблица 4

Перечень охлаждающих жидкостей

Марка охлаждающей жидкости	Производитель
ОЖ "Тосол-А40М", ТУ 6-57-95-96	ОАО "Пермский завод смазок и СОЖ", г. Пермь
ОЖ "Тосол-А40М", ТУ 6-57-95-96	ООО"ККМ-Тосол", г. Нижний Новгород
ОЖ "Тосол-А40М", ТУ 2422-002-26759308-95	ООО НПП "АРКТОН", г. Нижнекамск
ОЖ "Лена-40" ТУ 113-07-02-88, ОЖ "Лена-65", ТУ 113-07-02-88	АО"Капролактам", г. Дзержинск
ОЖ "Лена-40", ТУ 113-07-02-88	ПК "Лотос", г. Набережные Челны
"НКНХ-А40М", ТУ 2422-111-05766801-99	ОАО "Нижнекамскнефтехим", г. Нижнекамск
Cool Stream Standard 40*, ТУ 2422-002-13331543-2004	ОАО "Техноформ", г. Климовск

* Смешение ОЖ " Cool Stream Standard 40" с другими марками охлаждающих жидкостей не допускается.

— ОЖ "Лена-40" 1,075—1,085 г/см^3;

— "Тосол-А40М" 1,078—1,085 г/см^3;

— ОЖ "Лена-65" и "Тосол-А65М" 1,085—1,1 г/см^3;

— "Cool Stream Standard 40" 1,068—1,070 г/см^3.

Снижение плотности охлаждающих жидкостей ниже нижнего предела недопустимо из-за отсутствия гарантии достаточной антикоррозионной защиты.

Перечень охлаждающих жидкостей, допущенных для эксплуатации в системе охлаждения автомобилей КАМАЗ, приведен в табл. 4.

Электролит

Водный раствор аккумуляторной серной кислоты — электролит должен соответствовать ГОСТ 667—73 или ГОСТ 6709—72.

Электролит применяют для заправки аккумуляторных батарей. Плотность электролита должна соответствовать сезонным и климатическим условиям эксплуатации.

Жидкость для очистки ветровых стекол

Жидкость НИИСС-4 (ТУ 38.10230—76) представляет собой смесь дистиллированной воды и раствора сульфанола в изопропиловом спирте. Водный раствор применяют для заправки бачка омывателя при температурах от плюс 5 до минус 40 °С. При температурах выше плюс 5 °С используют отфильтрованную воду.

Без разбавления водой жидкость НИИСС-4 не применяют, так как совместное воздействие концентрата, атмосферных загрязнений и ультрафиолетового излучения изменяет цвет лакокрасочного покрытия автомобиля.

В зависимости от температуры воздуха бачок омывателя заполняют жидкостью, разбавленной водой, в соотношениях, указанных в табл. 5.

Таблица 5

Температура окружающего воздуха, °С	От +5 до –5	От –6 до –0	От –11 до –20	От –21 до –30	От –31 до –40
	Состав по объему, часть				
НИИСС-4	1	1	1	1	2
Вода	9	5	2	1	1

Моменты затяжки основных резьбовых соединений при техническом обслуживании и ремонте

Наименование	Момент затяжки, Н · м (кгс · м)
Двигатель	
Болты крепления:	
головок цилиндров	186—206 (19—21)
крышек коренных подшипников:	
— вертикальные	275—295 (28—30)
— стяжные	147—167 (15—17)
картера маховика	43,1—54,9 (4,4—5,6)[1]*, 88—108 (9—11)[2]*
направляющей толкателей	73,3—93,2 (7,3—9,5)
оси ведущей шестерни привода распределительного вала	49—60,8 (5—6,2)[1]*, 88,3—98 (9—10)[2]*
масляного картера	15—17 (1,5—1,7)
радиатора на раме	54—59 (5,5—6,0)
корпуса масляного фильтра теплообменника к блоку цилиндров	88—122 (9—12,5)
выпускных коллекторов	43—54 (4,4—5,5)
корпуса компрессора	4,9—7,8 (0,5—0,8)
корпуса турбины	23,5—29,4 (2,4—3)
Гайки:	
крепления стоек коромысел	41—53 (4,2—5,4)
регулировочного винта коромысла	33—41 (3,4—4,2)
скобы крепления форсунки	31—39 (3,2—4,0)
крепления муфты опережения впрыскивания топлива	98—118 (10—12)
крепления турбокомпрессора	44—56 (4,4—5,6)
крепления передних и задних опор силового агрегата	54—59 (5,5—6,0)
крепления насосного агрегата и теплообменника предпускового подогревателя	44—53 (4,5—5,4)
крепления выпускной трубы	15—25 (1,5—2,5)
крепления патрубков предпускового подогревателя	44—53 (4,5—5,4)[1]*, 15—25 (1,5—2,5)[3]*
крепления фланцев приемных труб глушителя	44—53 (4,5—5,4)
болтов крепления поперечной балки поддерживающей опоры к раме	98—137 (10—14)
шпилек крепления задних опор двигателя	118—137 (12—14)
болтов крепления задних опор двигателя к раме	196—265 (20—27)
крепления выпускных патрубков	43—54 (4,4—5,5)
Винтов заглушки корпуса муфты опережения впрыскивания топлива	7,84—9,81 (0,8—1,0)
Гайки болтов крепления кронштейнов топливного бака к раме	49—59 (5—6)
Сливная пробка картера масляного	40,0—58,8 (4—6)
Сцепление	
Болты крепления:	
пневмоусилителя сцепления	88—98 (9—10)
нажимного диска с кожухом в сборе к маховику	53,9—61,8 (5,5—6,3)[1]* 24,5—29,4 (2,5—3,0)[3]*
Коробка передач	
Болты крепления:	
кронштейна поддерживающей опоры к коробке передач	73,5—93 (7,5—9,5)
картера коробки передач к картеру сцепления	137—196 (14—20)
рычагов тяг дистанционного привода управления коробкой	54—69 (5,5—7,0)
Гайка крепления:	
рычага переключения передач	39—55 (4,0—5,6)
фланца первичного вала коробки передач	196—235 (20—24)
Стяжные болты регулировочного фланца механизма переключения передач	39—55 (4,0—5,6)

[1]* Для болта М10. [2]* Для болта М12. [3]* Для болта М8.

Наименование	Момент затяжки, Н · м (кгс · м)
Карданная передача	
Гайка крепления фланца:	
вала промежуточного моста (для авт. 8 × 4 и 6 × 4) и задних мостов	186—206 (19—21)[1]*
Мосты	
Болты крепления:	
задней крышки среднего моста	35—49 (3,6—5,0)
крышек подшипников межколесного дифференциала	343—392 (35—40)
ведомой конической шестерни	245—315 (25—32)
стакана ведущего конической шестерни	58—88 (6—9)
чашек межосевого дифференциала	54—69 (5,5—7)
крышки ведущего вала:	
— промежуточного моста	58—88 (6—9)
— заднего моста	17,6—24,5 (1,8—2,5)
крышки колесной передачи	43—54 (44—56)
Гайки крепления:	
фланца ведущего конического зубчатого колеса	588—686 (60—70)
заднего фланца промежуточного моста	588—686 (60—70)
чашек межколесного дифференциала	98—122 (10—12,5)
главной передачи промежуточного и заднего мостов к картеру моста	157—176 (16—18)
контргайки крепления подшипников ступиц:	
передних колес	137—157 (14—16)
заднего и промежуточного мостов	137—157 (14—16)
Подвеска	
Гайки:	
стремянок передних рессор	431—490 (44—50)[2]*, 637—735 (65—75)[3]*
стремянок задних рессор	637—735 (35—75)[3]*, 785—883 (80—90)[4]*, 950—1050 (97—107)[5]*
пальцев амортизаторов	176—216 (18—22)
крепления кронштейнов верхних реактивных штанг	176—216 (18—22)
крепления рычагов верхних реактивных штанг	392—490 (40—50)
крепления штанг стабилизатора	176—216 (18—22)
крепления реактивных штанг и кронштейнов задней подвески к раме	176—216 (18—22)[6]*, 431—539 (44—55)[7]*, 440—550 (44,4—56)
Болты крепления:	
ушков передних рессор	314—392 (32—40)
накладка ушка передних рессор	49—98 (5—10)
Стяжные болты:	
проушин передних кронштейнов передних рессор	76—98 (8—10)[8]*
задних кронштейнов передних рессор	118—157 (12—14)[9]*, 191—230 (19—23)[6]*
Колеса	
Гайки крепления дисковых колес	529—658 (54—67)[10]*
Гайки крепления держателя запасного колеса	118—142 (12,0—14,5)
Рулевое управление и рулевой привод	
Гайки:	
рулевого колеса	59—79 (6—8)
шаровых пальцев продольной и поперечной рулевых тяг	276—314 (28—32)
болтов наконечников поперечной рулевой тяги	47—59 (4,8—6,0)
крепления задней опоры (для автомобиля 8 × 4)	276—314 (28—32)
крепления кронштейна силового гидроцилиндра (для авт. 8 × 4)	276—314 (28—32)
крепления сошки	490—551 (50—56)
Гайка регулировочного винта вала сошки	59—64 (6,0—6,5)

[1]* Для болта М14 с торцевыми шлицами. [2]* Для болта М20. [3]* Для болта М24. [4]* Для болта М27. [5]* Для болта М30. [6]* Для болта М16. [7]* Для болта М20. [8]* Для болта М12. [9]* Для болта М14. [10]* С центрированием по центральному отверстию в диске.

Наименование	Момент затяжки, Н · м (кгс · м)
Болты крепления:	
механизма рулевого управления	412—470 (42—48)[1]*
крышки насоса	43,2—54,9 (4,4—5,6)
рулевой колонки	41,2—51,9 (4,2—5,3)
Гайки вилки карданного вала	53—59 (5,4—6,0)[1]*
Магнитная пробка	29,4—40,0 (3—4)
Тормозные системы	
Болтов крепления кронштейнов тормозных камер к суппортам	74—98 (7,5—10,0) 117,6—147,0 (12,0—15,0)[2]*
болтов крепления передних тормозных камер к кронштейнам	137,2—176,4[2]* (14,0—18,0), 176,4—215,6 (18,0—22,0)
болтов крепления задних тормозных камер к кронштейнам	137,2—176,4 (14,0—18,0)[3]*, 176,4—215,6 (18,0—22,0)
болтов крепления головки цилиндра компрессора	30,0—33,0 (3,0—3,4)
болтов крепления осей колодок тормозного механизма	39,2—49,0 (4,0—5,0), 17,6—24,5 (1,8—2,5)[2]*
болтов крепления грязезащитного щитка к суппорту	17,6—23,5 (1,8—2,5)
крепления кронштейнов ресиверов к раме	167,7—185,3 (17,1—18,9)
крепления хомутов кронштейнов ресиверов	15—25 (1,5—2,5)
соединений трубок пневмосистемы диаметром, мм:	
6	9—12 (0,9—1,2)
8	14—21 (1,4—2,1)
12	15—25 (1,5—2,5)
Электрооборудование	
Гайки крепления электропроводов к выводам стартера:	
цепь питания	17,6—21,6 (1,8—2,2)[3]*
цепь управления	2,9—4,6 (0,3—0,47)[4]*
Кабина	
Гайки:	
стремянки рессоры задней опоры кабины к кронштейну	53—77,5 (5,4—7,9)
опор рычагов торсионов	150,3—219 (15,3—22,3)
кронштейнов заднего крепления	98,3—137,5 (10—14)
переднего крепления кабины к поперечине	168—207 (17—21)[5]*, 246,5—315 (25—32)[4]*
Платформа	
Гайки:	
хомутов крепления брусьев платформы	35—40 (3,5—4,0)
болтов крепления надрамника к раме	68,6—98 (7—10)[3]*, 176—216 (18—225[6]* 117,7—157 (12—15)[5]*
Крепления:	
передних кронштейнов надрамника	68,6—98 (7—10)
ловителя-амортизатора	117,7—147 (12—15)
амортизатора платформы к опорам	39,2—55 (4,0—5,6)
гидроцилиндра	176—216 (18—22)
масляного насоса к коробке отбора мощности	39—49 (4—5)
коробки отбора мощности	39—49 (4—5)

[1]* Для механизмов мод. RBL, ZF. [2]* Для автомобилей с осевой нагрузкой 13 тс. [3]* Для болтов М12. [4]* Для болтов М6. [5]* Для болтов М14. [6]* Для болтов М16.

УДК 629-113

Х. А. Фасхиев,
д-р техн. наук,
Д. Л. Карелин,
канд. техн. наук

Адаптивная гидропневматическая опора силового агрегата

Предложена конструкция адаптивной гидропневматической опоры силового агрегата, которая позволяет снизить вибрацию и уровень шума автомобиля. На предлагаемую конструкцию получен патент.

Ключевые слова: *вибрация, шум, гидропневматическая опора, силовой агрегат, мембрана, давление, колебание.*

Развитие автомобильной техники идет по направлению повышения мощности и быстроходности ее силовых агрегатов, что приводит к увеличению вибрационной и шумовой нагрузки транспортных средств. Данная проблема особо остро стоит по отношению к большегрузным автомобилям и автобусам с дизелями, которые по показателям уровня вибрации и шума из-за большого значения составляющей от возмущающих газовых сил превосходят аналоги, работающие на бензине. Вибрация в силовом агрегате возникает в связи с применением в его конструкции подвижных элементов с неуравновешенными силами инерции поступательно-движущихся и вращающихся масс и нерегулярностью возмущающих сил.

Вибрация и шум в салоне автомобиля снижают его комфортность, являются причиной повышенной утомляемости водителей, следовательно, создают угрозу безопасности движения, негативно влияют на здоровье человека. Снижение уровня вибраций и шума автомобиля позволит понизить утомляемость водителя, повысить его работоспособность.

Ужесточение международных норм по уровню вибрации и шума автомобилей обязывают их производителей совершенствовать методы снижения этих негативных явлений. К наиболее распространенным методам снижения уровня колебаний, передаваемых раме и кузову автомобиля, относятся: уравновешивание подвижных элементов и узлов, входящих в конструкцию силового агрегата; качественное улучшение динамической характеристики подвески силового агрегата за счет расширения диапазона частот наиболее эффективного демпфирования опор подвески; совершенствование конструкции опор подвески силовых агрегатов для повышения их диссипативных свойств.

Основным источником колебаний и шума в автомобиле является силовой агрегат, так как его масса намного больше массы других агрегатов автомобиля. По этой причине мероприятия по снижению вибрации и уровня шума автомобиля должны быть направлены в первую очередь на улучшение характеристик подвески силового агрегата. Динамическая характеристика и демпфирующие свойства любой подвески зависят от способности опор подвески рассеивать механическую энергию, преобразовывая ее в теплоту во всем частотном спектре колебаний двигателя. Наиболее эффективной по демпфированию колебаний силовых агрегатов на сегодняшний день является подвеска на основе гидравлических и гидропневматических опор (ГПО). Применение ГПО в конструкции подвески силового агрегата автомобиля затрудняется сложностью их расчета, проектирования и изготовления, так как в основе принципа работы опор лежат сложные физические и реологические процессы. Если учесть большое количество моделей и модификаций грузовых автомобилей и автобусов разных классов, то проектирование новых опор становится очень трудоемкой и дорогостоящей задачей. Не последнюю роль здесь играет и недостаточное число публикаций в отечественной литературе в области проектирования, испытания и доводки ГПО.

Одним из основных способов снижения интенсивности колебаний двигателя и уменьшения нагрузок, передаваемых им на шасси автомобиля, является правильный выбор параметров подвески (амортизации) силового агрегата.

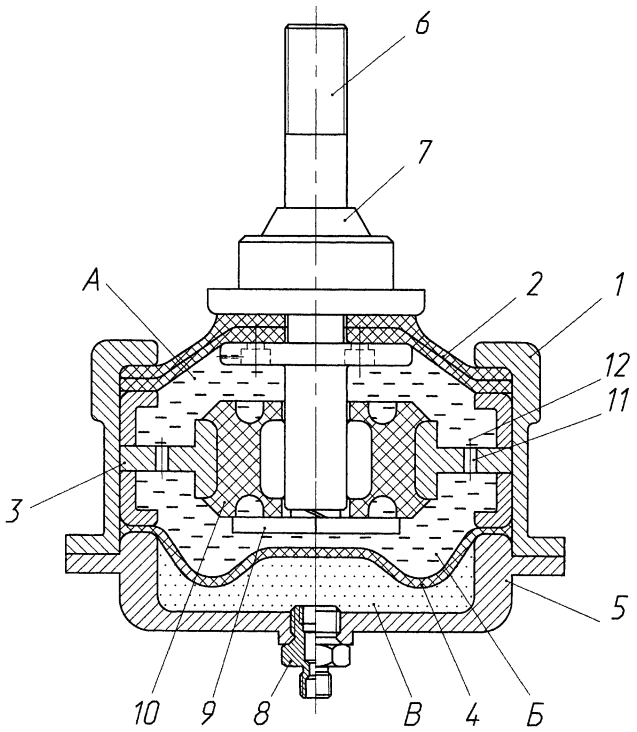
Данную проблему можно решать несколькими способами. Первый способ — это конструирование новых опор подвески силового агрегата. Он требует достаточно точного расчета параметров колебаний и усилий, передаваемых от двигателя шасси автомобиля и в обратном направлении. Ввиду разнообразия моделей двигателей и широкого ассортимента грузовых автомобилей и автобусов разных классов проектирование новых опор, как уже указывалось, становится очень трудоемкой и дорогостоящей задачей. Второй способ заключается в подборе виброизоляторов по рабочим характеристикам в соответствии с расчетными данными. С точки зрения затрат на проектирование и разработку рабочих чертежей этот способ менее трудоемкий, но он не позволяет подобрать оптимальный вариант опор. В связи с этим подвеска не обеспечит рациональных параметров демпфирования колебаний, следовательно, будет возникать повышенный уровень шума и вибраций в кабине транспортного средства. Третий способ, наиболее приемлемый с точки зрения трудозатрат, заключается в разработке такой конструкции опоры силового агрегата, которая позволяла бы изменять ее статическую и динамическую жесткость в зависимости от типа двигателя и его режима работы.

Оптимальной в принципе может считаться подвеска, адекватно выполняющая свои функции в любом частотном спектре колебаний двигателя и не изменяющая свои динамические характеристики в результате износа и старения различных элементов конструкции. Улучшения демпфирования колебаний и повышения комфорта особенно в резонансных зонах можно добиться введением адаптивных опор в подвеску силового агрегата, в которых несущий резиновый элемент заменен сжатым воздухом, что позволит избежать ухудшения демпфирования подвески и улучшить ее свойства. Понятие "адаптивная" подразумевает свойство опор изменять свою жесткость в зависимости от давления, устанавливаемого в газовой камере. Еще одним важным положительным качеством адаптивности можно считать способность опоры подстраиваться под различную массу силовой установки автомобиля путем изменения давления. В связи с этим отпадет необходимость в проектировании новых опор для каждой конкретной подвески силового агрегата независимо от моделей двигателя и коробки передач. Применение такого конструктивного решения позволит сэкономить время и средства на проектирование, изготовление и испытание различных опор.

В настоящее время уже нет необходимости доказывать, что практически исчерпана возможность усовершенствования наиболее широко распространенных резинометаллических опор. Это послужило причиной к разработке гидравлических опор двигателя, которые обладают принципиальными преимуществами по сравнению с опорами обычного типа. Они обеспечивают уровни демпфирования в 3—5 раз выше, чем те, которые достижимы на практике при помощи чистых эластомеров. Эти опоры обладают высоким уровнем демпфирования без ухудшения характеристик в области высоких частот, а в некоторых случаях достигаемая жесткость даже ниже значений, которые могут быть получены при помощи резинометаллических опор с самыми малыми углами потерь.

С учетом приведенных выше факторов в ОАО "КАМАЗ" была разработана адаптивная ГПО, позволяющая изменить жесткость опор подвески силового агрегата. Адаптивная ГПО позволяет применять разные типы силовых агрегатов с различной массой.

На рисунке представлена конструкция адаптивной ГПО, в верхней части корпуса 1 которой имеется круговой паз. В паз вставляется диафрагма 2 и плотно прижимается переборкой 3 и мембраной 4 посредством крышки 5. Центральная часть диафрагмы 2 крепится к фланцу штока 6 поджатием к бобышке 7. Между мембраной 4 и крышкой 5 имеется газовая полость В. В крышке 5 сделано резьбовое отверстие, в которое завинчива-



Адаптивная ГПО силового агрегата

ется клапан 8, служащий для регулировки давления сжатого воздуха в полости В. Изменением давления в полости В производится настройка опоры под внешнюю нагрузку. Рабочие камеры А и Б заполнены жидкостью, вязкость которой мало зависит от температуры. Болт 9 ограничивает движение штока 6 вверх, предохраняя диафрагму 2 от разрыва. Переборка 3 снабжена резиновым буфером 10 с полукруглым углублением, плавно ограничивающим перемещения штока 6, и дросселирующими отверстиями 11 с обратными клапанами 12, которые регулируют расход жидкости в зависимости от перепада давлений в рабочих камерах А и Б.

Адаптивная ГПО работает следующим образом. Пневматическая камера В опоры через клапан давления 8 заполняется сжатым воздухом. При этом мембрана 4 растягивается и в камерах А и Б, заполненных жидкостью, повышается давление. Под давлением жидкости диафрагма 2 создает поддерживающую силу, которая передается на бобышку 7 и шток 6. Данная сила уравновешивается силой тяжести амортизируемого объекта (силового агрегата). При колебании силового агрегата изменяется сила, воздействующая на бобышку 7 и шток 6, что приводит к изменению давления внутри опоры. При возрастании давления в опоре воздух в камере В начинает сжиматься и жидкость из камеры А через дросселирующие отверстия в переборке 3 перетекает в камеру Б. При этом шток 6 перемещается вниз. Давление в опоре повышается до тех пор, пока оно не уравновесит усилие, приходящееся на бобышку 7, создаваемое силовым агрегатом. При уменьшении усилия на штоке 6 давление в опоре понижается, сжатый воздух в камере В начинает расширяться и жидкость через дросселирующие отверстия в переборке 3 перетекает из камеры Б в камеру А. При этом шток 6 перемещается вверх. При перетекании жидкости через дросселирующие отверстия 11 и обратные клапаны 12 происходят потери энергии, создаваемой давлением жидкости, и переход ее в тепловую энергию.

Болт 9 предохраняет диафрагму 2 от разрыва при больших перемещениях силового агрегата. При больших нагрузках на режимах отбоя к работе подключается резиновый буфер 10 в переборке 3, образующий совместно с фланцем штока 6 замкнутую полость с жидкостью, которая при деформации буфера перетекает через отверстия, выполненные во фланце и в шляпке болта, под большим давлением. Это дополнительно уменьшает энергию удара и дает возможность плавно ограничивать перемещения штока. Клапан 8 поддерживает определенное давление в камере В, что позволяет регулировать жесткость опоры и осуществлять ее адаптацию к разным массе и режимам работы амортизируемого объекта.

На описанную выше адаптивную опору силового агрегата был получен патент РФ № 2290548. Данная ГПО от известных отличается наличием клапана поддержки постоянного давления, перегородки с резиновым буфером и пазами в нем, плавно ограничивающими перемещения штока, армированной диафрагмы, которые позволяют адаптировать подвеску к силовым агрегатам различной массы.

Испытания опытных образцов ГПО на сервогидравлическом стенде EDIZ6-1 (INOVA) показали, что применение в конструкции гидропневматических опор вместо резинового несущего элемента эластичной нерастяжимой диафрагмы позволяет расширить область наилучшего демпфирования в частотном спектре колебаний силового агрегата. Это связано с тем, что жесткость эластичной мембраны в осевом направлении малая и с увеличением частоты колебаний она возрастает незначительно. Полученные в стендовых условиях статические и динамические характеристики опытных ГПО позволили сделать вывод о полном соответствии предложенной конструкции условиям адаптивности.

Применение на автотранспортных средствах предложенной ГПО будет способствовать снижению вибраций и уровня шума силовых агрегатов, тем самым улучшению потребительских свойств транспортных средств. Адаптивные опоры силовых агрегатов позволяют снизить затраты на освоение новых моделей автомобилей за счет расширения применяемости ГПО.

В. Г. Шибаков,
д-р техн. наук,
проф.,
Камская государственная
инженерно-экономическая
академия,
В. С. Карабцев,
гл. специалист,
И. Д. Валеев,
инж.;
ОАО "КАМАЗ"

Оптимизация конструктивных параметров автомобиля с использованием компьютерного моделирования

Самыми перспективными направлениями решения практических задач проектирования и доводки автомобильной техники оказались интенсивно развиваемые вместе с ростом технических характеристик вычислительной техники методы математического моделирования процесса движения АТС при различных нагрузках и климатических условиях.
В статье рассказывается о возможностях одной из таких программ и приведено сравнение результатов расчетов в данной программе с результатами дорожных испытаний.

Ключевые слова: *виртуальные испытания, математическое моделирование, процесс движения, параметры.*

Стоимость и трудоемкость проведения лабораторно-дорожных испытаний серийных и опытных образцов автомобильной техники для оценки их потребительских качеств, в том числе тягово-скоростных показателей и топливной экономичности, были и остаются достаточно высокими. Связано это как с необходимостью изготовления объектов испытаний, так и закупкой специального испытательного оборудования, строительством или арендой исследовательских сооружений, постоянным ростом цен на топливо и т. д. Причем данные затраты будут намного выше в случае проведения испытаний опытных образцов автотранспортных средств (АТС) на этапе предварительных или приемочных испытаний в связи с тем, что себестоимость их изготовления в несколько раз выше, чем серийной продукции.

При этом результаты испытаний одной конкретной модели автомобиля, выполненные в разные годы, например, в рамках кратких контрольных испытаний, во многих случаях можно считать как не совсем корректные. Указанное объясняется воздействием ряда случайных, часто не контролируемых экспериментатором факторов: изменение погодных и дорожных условий, различная степень приработки и износа шин и механизмов автомобиля, отклонения в технологическом процессе изготовления, различия в регулировках систем и механизмов и т. д. Поэтому даже при оценке топливной характеристики установившегося движения с заданными скоростями различие в расходах топлива у одной и той же модели АТС может составлять, как показывает практика проведения испытаний, 10—12 %.

Эти обстоятельства заставили специалистов искать пути исследования тягово-скоростных свойств и топливной экономичности. Самыми перспективными направлениями решения практических задач проектирования и доводки автомобильной техники оказались интенсивно развиваемые вместе с ростом технических характеристик вычислительной техники методы математического моделирования процесса движения АТС при различных нагрузках и климатических условиях.

Причем эти методы, благодаря их оперативности и возможности выполнения расчетов автомобилей с различными, в том числе "идеальными" характеристиками агрегатов, в определенном смысле стали альтернативой физическому эксперименту. Более того, за ними уже закрепилось название — методы виртуальных испытаний. Они охватывают весь спектр условий эксплуатации АТС, начиная от режима установившегося движения с заданными постоянными скоростями, разгона с места с пере-

ключением передач или в заданном интервале скоростей на определенной ступени трансмиссии и заканчивая моделированием движения по заданному произвольному маршруту или циклу. И, что самое главное, их ценность возрастает в современных условиях экономического кризиса, требующего от разработчика технически сложных изделий всемерного сокращения затрат на всех этапах жизненного цикла продукта.

Методы виртуальных испытаний с целью оптимизации конструктивных параметров на этапе разработки и при оценке экономической эффективности автомобиля у потребителя применяются всеми ведущими производителями АТС. Следует отметить, что в последние годы отмечается тенденция в разработке программного продукта для решения подобных задач и среди изготовителей комплектующих.

Математическое моделирование как средство изучения физического объекта или системы путем их замены упрощенной моделью с сохранением наиболее существенных признаков реального объекта допускает ряд обобщений и предположений. Главное при этом — не исказить суть явления и не упустить самые существенные черты изучаемого явления. В результате реальный объект исследований трансформируется в некую динамическую систему, состояние которой в пространстве и времени однозначно задается обобщенными координатами.

Как правило, математическая модель движения АТС в заданных условиях включает в себя систему дифференциальных уравнений для описания движения автомобиля, некоторые логические операции для воспроизведения действий водителя и экспериментальный материал. К последнему относятся полученные опытным путем характеристики двигателя, инерционные свойства колес и других вращающихся деталей автомобиля, коэффициенты компонентов суммарной силы сопротивления движению, радиусы качения шин и т. п.

Одной из программ математического моделирования движения автомобиля является программа MVC, разработанная группой специалистов ФГУП "НАМИ".

Для выполнения расчетов по данной программе необходимо указать основные характеристики автомобиля и двигателя:

- моменты инерции элементов трансмиссии;
- потери в агрегатах трансмиссии;
- сопротивление качению шин;
- аэродинамическое сопротивление;
- потери от циркуляции мощности в системе привод—движитель;
- сопротивление движению автомобиля при движении в усложненных условиях (на повороте, дорогах с профильными неровностями, на деформируемых поверхностях и т. п.);
- механические потери в двигателе и потери на привод вспомогательного оборудования;
- многопараметровую характеристику двигателя с учетом влияния на нее внешней аэродинамики подкапотного пространства и конструкции впускной и выпускной систем;
- передаточные числа трансмиссии, радиус качения шин и т. п.

Кроме того, необходима информация о продольном профиле маршрута, типе и состоянии дорожного покрытия, характеристиках топлива и ряд других параметров.

Строка меню программы приведена на рис. 1. В опции "Банк данных" содержатся характеристики автомобилей, двигателей и других агрегатов. Через пункт "Объекты" можно выбрать тип транспортного средства и задать все необходимые для выполнения расчетов параметры.

В данной программе, например, были проведены расчеты для автомобиля КАМАЗ-65115, оснащенного двигателем КАМАЗ 570.61-280. Результаты расчета стандартных характеристик выводятся на монитор или на принтер в форме, показанной на рис. 2.

На основании данных рис. 2 устанавливается, что контрольный расход топлива объекта исследований составляет 26,1 и 33,6 л/100 км при скоростях движения 60 и 80 км/ч соответственно. Точно также легко оцениваются и динамические параметры, включая максимальную скорость при номинальной частоте вращения коленчатого вала двигателя.

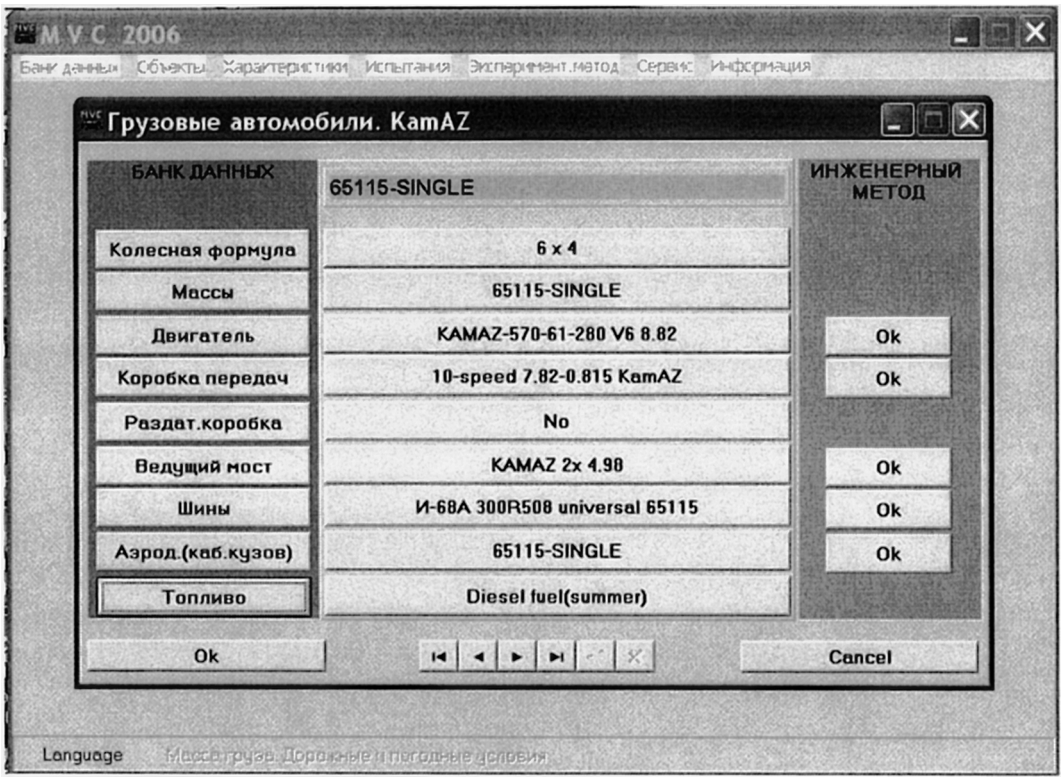


Рис. 1. Структура меню программы

Пункт меню "Испытания" предоставляет конструктору или исследователю возможность "отправить" спроектированный автомобиль на виртуальные испытания. Например, на комплекс дорог полигона НИЦИАМТ (г. Дмитров) или задать свой собственный маршрут движения. В результате выполнения расчета пользователь получает полную информацию о поведении автомобиля в заданных им условиях (рис. 3).

В результате расчета получено: среднетехническая скорость автомобиля КАМАЗ-65115 полной массой 25 200 кг на равнинном маршруте протя-

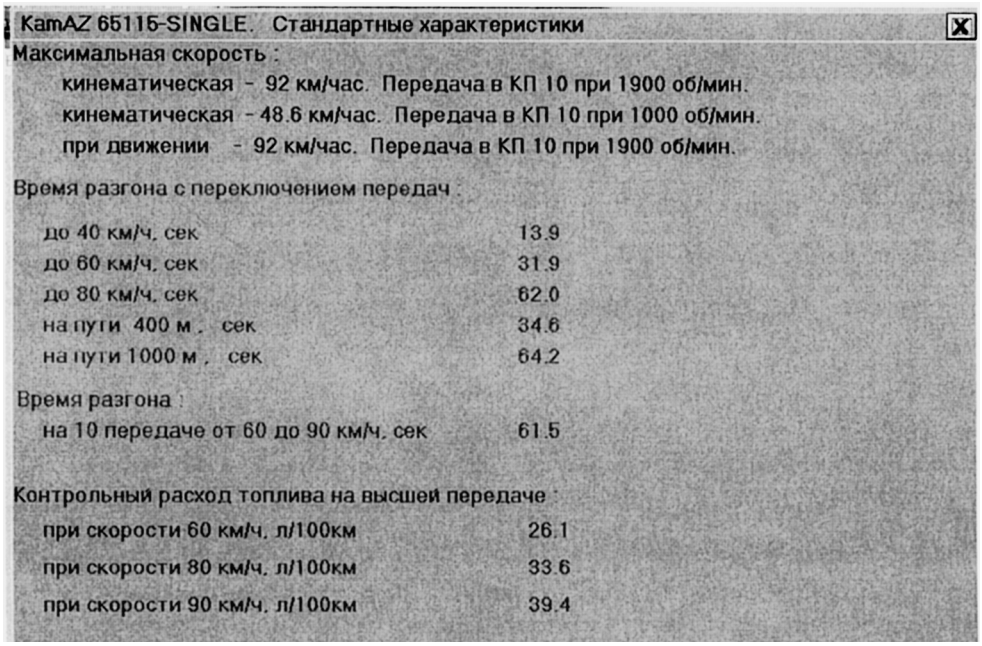


Рис. 2. Результаты расчета стандартных характеристик

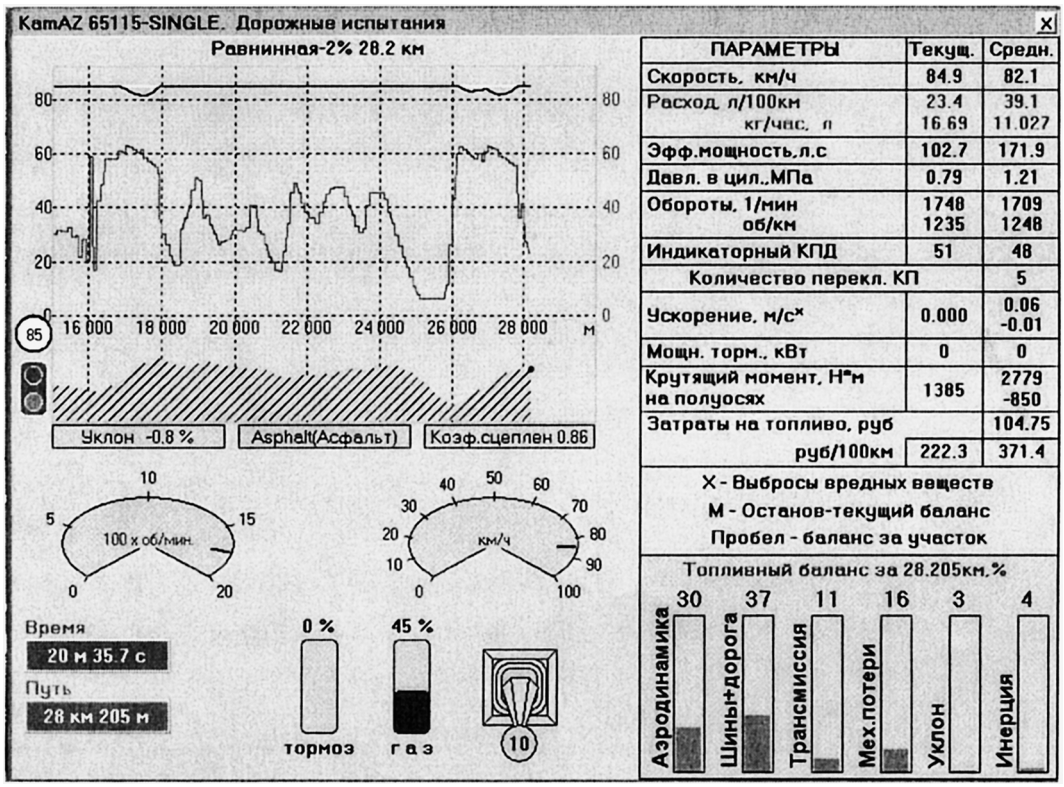


Рис. 3. Результаты виртуальных дорожных испытаний

женностью 28,2 км составляет 82,1 км/ч, а расход топлива 39,1 л/100 км. Кроме того, на основании расчетных данных пользователь имеет информацию о скоростном и нагрузочном режимах двигателя, о нагруженности сцепления по количеству переключений коробки передач и о величинах положительного и отрицательного крутящего моментов на полуосях. Причем перечисленные параметры можно выводить на дисплей в любой заданный исследователем момент времени (текущее значение).

Опция "Характеристики" дает возможность просмотреть или рассчитать характеристики двигателя или автомобиля. По двигателю можно проконтролировать как индикаторные, так и эффективные его характеристики, различного рода потери и т. д. По автомобилю получают такие важные параметры, как максимальный подъем, преодолеваемый на различных ступенях трансмиссии, силовой и топливный балансы, расход топлива на разных передачах и т. д.

Что касается точности расчетов, то она полностью зависит от исходных данных: чем точнее последние, тем выше точность расчетов. Практика показала, что реально достижима погрешность 3—5 %.

Таблица

Контрольный расход топлива, л/100 км	Расчетное значение	Экспериментальное значение
При 60 км/ч	26,1	26,9
При 80 км/ч	33,6	34,4

Для проверки результатов расчетов были проведены дорожные испытания автомобиля КАМАЗ-65115 полной массой 25 200 кг, оборудованного двигателем КАМАЗ 570.61-280, V-образным шестицилиндровым, мощностью 205 кВт при 1900 мин$^{-1}$ и крутящим моментом 1200 Н · м при 1300 мин$^{-1}$.

Сравнение результатов расчетов контрольного расхода топлива при скорости 60 и 80 км/ч с результатами испытаний приведено в таблице.

Таким образом, можно сделать вывод о том, компьютерное моделирование предоставляет реальную возможность сократить временные и финансовые затраты на этапе разработки нового продукта.

УДК 621.892.
097.2:665.7.038
М. В. Меньшиков,
зам. начальника
отдела
ФГУ "21 НИИИ
Минобороны
России"
(г. Бронницы)

Применение добавок к моторным маслам двигателей

Рассмотрены возможности улучшения качества и свойств моторных масел в условиях эксплуатации путем введения различных добавок. Приведены типы присадок, применяемых при производстве моторных масел. Дана классификация добавок к моторным маслам, раскрыт механизм их воздействия на различные пары трения.

Ключевые слова: *качество, свойства моторного масла, присадки, добавки, классификация добавок к моторному маслу.*

Введение

Современные моторные масла представляют собой сбалансированный коллоидный раствор многих функциональных присадок в базовом нефтяном или синтетическом масле, благодаря этому способны выполнять свои функции в двигателе. Присадками к маслу называются вещества, вводимые в базовое масло на заводе-изготовителе, а добавками к маслу — вещества, которые могут вводиться дополнительно для улучшения тех или иных свойств продукта.

До 1933 г. для смазывания двигателей внутреннего сгорания (ДВС) в мире использовались нефтяные масла без присадок. В связи с созданием в США фирмой "Caterpillar" дизелей с наддувом обострилась проблема пригорания поршневых колец, для решения которой и были впервые разработаны специальные дизельные масла с моющими присадками на основе нафтенатов алюминия.

Практически одновременно с проблемой улучшения моющих свойств масел возникла проблема увеличения их термоокислительной стабильности при повышенных рабочих температурах. Для высокофорсированных (теплонагруженных) двигателей непригодны нефтяные масла, которые окисляются уже при температуре 120 °С. Для решения этой проблемы примерно с 1940 г. начали применяться антиокислительные присадки (фторуглероды, дитиофосфаты, метанолы и т. п.).

Важнейшей характеристикой и одновременно основным показателем смазывающих свойств моторных масел является их вязкость. От величины вязкости масла зависят его герметизирующие свойства, расход масла на угар и внешние утечки, прокачиваемость по смазочной системе, пусковые качества двигателя, реализация жидкостного или граничного трения в различных фрикционных узлах, а тем самым их износ. Вязкость нефтяных масел при изменении температуры в диапазоне от минус 20 до плюс 100 °С уменьшается в тысячу и более раз [1]. Такие масла невозможно использовать для круглогодичной эксплуатации двигателя: если масло обеспечивает возможность работы при высоких температурах, то невозможно пустить двигатель при низких температурах и наоборот. Для эксплуатации двигателя при высоких рабочих температурах и надежного пуска его при низких температурах с 1951 г. начали выпускаться всесезонные масла. Снижение зависимости вязкости таких масел от температуры достигается сочетанием маловязкой базовой основы, которая влияет на вязкостные свойства масла при низких пусковых температурах, и специальных полимерных вязкостных присадок, обеспечивающих необходимую вязкость при повышенных рабочих температурах.

Образующиеся при окислении масла низко- и высокомолекулярные органические кислоты вызывают коррозию металла, которая может возникать под воздействием сернистых соединений, попадающих в моторное масло при сгорании сернистого топлива. Для пре-

дотвращения коррозии металлов используют антикоррозийные присадки, главным образом, содержащие органические соединения (сера, фосфор).

Типы присадок

Основные типы присадок для стандартного моторного масла и их назначение даны в табл. 1.

В настоящее время в России производятся не все типы присадок для моторных масел. Присадки к моторным маслам для автомобильной техники, выпускаемые предприятиями РФ и других стран СНГ, представлены в табл. 2.

Ведущие производители смазочных материалов крайне негативно относятся к применению добавок в свою продукцию. Представители фирм-производителей моторных масел таких, как Shell, BP, Mobil заявляют, что если бы они знали добавку, которая могла бы улучшить свой-

Таблица 1

Типы присадок, применяемых в моторных маслах, и их назначение

Тип присадок	Назначение
Детергентно-диспергирующие	Предотвращают образование нагаров на горячих деталях двигателя (поверхности поршней и особенно верхние канавки поршневых колец). Поддерживают в мелкодисперсном состоянии нерастворимые в масле продукты, предотвращают их осаждение на фильтрах и деталях двигателя, предотвращают образование низкотемпературного шлама
Антифрикционные, противоизносные и противозадирные	Уменьшают трение и износ деталей, предотвращают развитие задиров — глубинных вырывов материала на поверхностях трения
Антиокислительные	Тормозят процессы окисления масла при повышенных температурах
Вязкостные	Увеличивают вязкость базового масла и стабилизируют изменение вязкости масла при изменении его температуры
Депрессорные	Понижают температуру застывания масла и обеспечивают его подвижность при низких температурах
Противопенные	Предотвращают вспенивание масла при повышенных температурах и обеспечивают стабильность его подачи к узлам трения
Моющие	Уменьшают и предотвращают образование низкотемпературных отложений, обеспечивают чистоту деталей

Таблица 2

Присадки к моторным маслам для автомобильной техники, выпускаемые предприятиями РФ и других странах СНГ

Тип и наименование присадки	Производитель
Моющедиспергирующие	
КНД	ОАО "Новокуйбышевский завод масел и присадок", ОАО "Уфанефтехим"
С-150	ОАО "Сибнефть-Омский НПЗ", ОАО "Нафтан", г. Новополоцк (Беларусь)
Детерсол-50	ОАО "Новокуйбышевский завод масел и присадок"
Детерсол-140	ОАО "Новокуйбышевский завод масел и присадок"
АСК	Фирма "Пальма", г. Новокуйбышевск
ВНИИ НП-714	ОАО "Славнефть-Ярославнефтеоргсинтез", ОАО "Нафтан", г. Новополоцк (Беларусь)
ВНИИ НП-360	ОАО "Уфанефтехим", ООО "ЛУКойл-Волгограднефтепереработка"
С-5АБ	ЗАО НПП "Алтайспецпродукт", ОАО "Нафтан", г. Новополоцк (Беларусь)
ЦИАТИМ-339	ОАО "Славнефть — Ярославский НПЗ им. Менделеева"
СД-73	ООО "Карбон-инвест", г. Волгоград
Днепрол-36	Кременчугский НПЗ (Украина)
Антиокислительные	
ДФ-11	ОАО "Уфанефтехим", ООО "ЛУКойл-Волгограднефтепереработка", ОАО "Рязанский НПЗ"
ДФБ	АО "Химпром", г. Павлодар (Казахстан)
ВНИИ НП-354	ОАО "Норси", г. Кстово Нижегородской обл.
ЦД-7	ОАО "Нафтан", г. Новополоцк (Беларусь)
Депрессорные	
ПМА "Д"	АО "Оргстекло", г. Джержинский Нижегородской обл.
АФК	ООО "ЛУКойл-Волгограднефтепереработка"
АзНИИ ЦИАТИМ-1	ООО "ЛУКойл-Волгограднефтепереработка"
Депрессал М	ООО "ЛУКойл-Волгограднефтепереработка"
Антипенная	
ПМС-200А	НПФ "Юмпла", г. Москва, ОАО "Силан", г. Данков Липецкой обл.

ства масла, ее немедленно ввели бы в пакет присадок. Вместе с этим президент американской компании CD-2, разработавшей присадку, которая помогла устранить посторонние шумы на крупной партии двигателей концерна General Motors и тем самым спасла его от крупных убытков, производящей добавки к маслам с 1942 г., считает, что никакие добавки в масла не спасут двигатель от капитального ремонта, но срок ремонта могут отодвинуть.

Типы добавок и механизм их воздействия

Логически оправдано разделение добавок по структуре и свойствам основных активных компонентов, воздействующих на двигатель. Можно выделить следующие группы [2].

1. Реметаллизаторы поверхностей трения.
2. Полимеросодержащие антифрикционные препараты.
3. Геомодификаторы, ремонтно-восстановительные составы.
4. Кондиционеры металлов.
5. Слоистые добавки.
6. Нанодобавки.

Реметаллизаторы, или металлоплакирующие композиции, — это особый класс препаратов, базирующийся на аспектах теории самоорганизации (открытии российских ученых Д. Н. Гаркунова и И. В. Крагельского) — явлении избирательного переноса. Механизм действия реметаллизаторов заключается в металлоплакировании трущихся поверхностей (образовании тончайших металлических слоев — сервовитной пленки) вследствие осаждения металлических компонентов, входящих в состав реметаллизаторов во взвешенном или ионном виде. При их применении частично восстанавливаются микродефекты, снижается коэффициент трения, значительно повышается износостойкость плакированных поверхностей [3]. Из отрицательных последствий применения металлоплакирующих добавок следует отметить возможность потерей подвижности поршневых колец, усиление окислительных свойств масла, увеличение нагарообразования, выход из строя каталитических нейтрализаторов.

Полимеросодержащие антифрикционные препараты включают в свой состав политетрафторэтилен, поверхностно-активный фторопласт-4, силикон, перфторполиэфир карбоновой кислоты (эпилам) и некоторые другие полимерные вещества. В настоящее время наиболее распространены препараты этой группы на основе политетрафторэтилена (ПТЭФ) или тефлона. Это обусловлено уникальным сочетанием его свойств: высокая пластичность, химическая и термическая стойкость, большие антифрикционные возможности, особенно при значительных удельных нагрузках. По данным изготовителей, в процессе обработки ПТЭФ покрывает трибосопряжения, что заменяет трение "металл по металлу" на трение "полимер по полимеру". Вместе с этим тефлон — теплоизолятор, и наличие тефлонового слоя на стенках камеры сгорания ведет к существенному росту температуры газа в цилиндре. С одной стороны, это увеличивает эффективность работы двигателя и снижает выброс CO и CH, с другой, наблюдается практически двукратный рост выхода оксидов азота с отработавшими газами. Кроме того, наличие фторсодержащих частиц тефлона в зоне горения приводит к образованию в отработавших газах следов ядовитого фосгена. Именно поэтому применение таких препаратов резко ограничено в США и Западной Европе. Отмечены также случаи, когда при длительном использовании тефлоновых препаратов происходит коксование поршневых колец и, как следствие, перегрев поршней и выход из строя силового агрегата.

Добавки на основе минералов естественного и искусственного происхождения получили наименование геомодификаторов, ремонтно-восстановительных составов или ревитализаторов. По своему химическому и фазовому составу они в основном представляют собою смесь измельченного и модифицированного силиката магния — серпентина, являющегося формой целого ряда минеральных руд. Действие ремонтно-восстановительных составов (РВС), содержащих минеральные присадки, базируется на уникальных свойствах порошка серпантивита (змеевика), обнаруженных в СССР при бурении сверхглубоких скважин на Кольском полуострове [4]. Тогда было установлено, что при прохождении слоев горных пород, насыщенных серпантивитом, ресурс режущих кромок бурового инструмента резко увеличивается. Дальнейшие исследования показали, что серпантивит в зоне контакта бура с горной породой разлагается с выделением большого количества тепловой энергии, под воздействием которой происходит разогрев металла, внедрение

в его структуру микрочастиц минерала и образование композитной металлокерамической структуры (металл—минерал), обладающей очень высокими твердостью и износостойкостью. В настоящее время предпринимаются попытки применить порошки серпантивита для обработки поверхностей трения двигателя. Обработка поверхностей трения в двигателе действительно наблюдается — происходит микрошлифовка поверхностей цилиндров, растет компрессия, падает скорость изнашивания. Однако при применении РВС двигатель теряет температурную стабильность, так как на пути основного теплоотвода от поршня через поршневые кольца создается тепловое сопротивление — металлокерамический слой. Помимо этого, в процессе приработки двигателя с РВС из-за резко возросших температур цилиндра значительно увеличивается расход масла, и достаточно часто происходит потеря твердости термофиксированными поршневыми кольцами. В парах трения "шейка коленчатого вала—вкладыш подшипника" происходит не микрошлифовка поверхности с образованием защитного слоя, а абразивный износ, при котором твердые частицы минералов внедряются в мягкие поверхности, нарушая их структуру и ухудшая условия формирования смазочных слоев.

К отдельной группе ремонтно-восстановительных составов относятся кондиционеры металлов — добавки на базе поверхностно и химически активных веществ. Смысл понятия "кондиционер металла" можно интерпретировать как препарат и механизм воздействия на процессы трения и изнашивания, позволяющие восстанавливать антифрикционные и противоизносные свойства, а также химический состав и состояние поверхностей трения за счет введения поверхностно активных веществ. Одним из главных компонентов автомобильных кондиционеров металла являются галогенированные производные углеводородов, которые получаются замещением в структурной формуле углеводорода одного или более атомов галогена (хлора, фтора, брома, йода) равным числом атомов водорода. Кондиционирование металла заключается в пластифицировании активными веществами добавки и формировании на ней тончайшего слоя, по своим свойствам близкого к сервовитной пленке. Ионизированные молекулы кондиционеров металла, проникая внутрь металлической поверхности, изменяют ее структурный состав и, следовательно, прочностные и антифрикционные свойства. При этом контактируемые друг с другом участки покрываются достаточно устойчивым полимерным и полиэфирным покрытием, создавая эффект Вессбауэра (образование прочного покрытия, "масляной шубы", способного исключить непосредственный контакт трущихся поверхностей), что позволяет существенно снизить потери на трение и интенсивность изнашивания. Данной группе добавок в полной мере присущи те же недостатки, что и геомодификаторам.

Слоистые добавки содержат в своем составе элементы с низким усилием сдвига между слоями — дисульфиды молибдена (MoS_2), вольфрама (WS_2), тантала (TaS_2), ниобия (NbS_2), дисселениты молибдена ($MoSe_2$), титана ($TiSe_2$), ниобия ($NbSe_2$), трисульфид молибдена (MoS_3), графит (C), нитрид бора (BN — белый графит) и некоторые другие [2]. Механизм их действия основан на том, что, например, в кристаллической решетке графита атомы углерода расположены в параллельных плоскостях, отстоящих друг от друга более, чем на 0,345 нм, а в каждом слое они размещены в вершинах правильных шестиугольников с длиной сторон 0,142 нм. Так как силы взаимного притяжения между атомами тем меньше, чем больше расстояния между ними, то атомные связи в слоях значительно сильнее, чем между слоями. Это позволяет графиту при трении без особых усилий смещаться вдоль слоев, разделяя трущиеся поверхности. Такая структура определяет специфические

Таблица 3

Отечественные и импортные добавки к моторным маслам

Тип добавки	Торговая марка	Состав	Возможные отрицательные последствия применения
Реметаллизаторы поверхностей трения	RENOM (ЛТ, Россия—США), Metalyz 6/8 (Lubrifilm, Швейцария)	Соли пластичных металлов (Cu, Fe, Al, Zn), органические кислоты	Потери подвижности поршневых колец, увеличение окислительных свойств масла, нагарообразования, выход из строя каталитических нейтрализаторов
Полимеросодержащие антифрикционные препараты	Silk-50 (Shell, Великобритания), Slider 2000 (Shell, Великобритания), ФОРУМ (ДВО РАН, Россия)	Политетрафторэтилен, поверхностно-активный фторопласт-4, силикон, перфторполиэфир карбоновой кислоты (эпилам)	Рост температур газа в цилиндре, двукратное увеличение выхода оксидов азота с отработавшими газами, наличие фторсодержащих частиц тефлона в зоне горения, что приводит к образованию в отработавших газах следов ядовитого фосгена. Длительное использование тефлоновых препаратов вызывает закоксовывание поршневых колец
Геомодификаторы, ремонтно-восстановительные составы	РЕАГЕНТ 2000 RVS (RVS, Финляндия), ХАДО (ХАДО, Украина)	Смесь измельченного и модифицированного силиката магния	Потери температурной стабильности, значительное увеличение расхода масла, потеря твердости поршневыми кольцами. Абразивный износ вкладышей подшипников коленчатого вала
Кондиционеры металлов	SMT^2 (SMT, США)	Галогенированные производные углеводородов	Потери температурной стабильности, значительное увеличение расхода масла, потеря твердости поршневыми кольцами, абразивный износ вкладышей подшипников коленчатого вала
Слоистые добавки	Ceramic Engine Protector (PMX, Нидерланды)	Дисульфиды молибдена, вольфрама, тантала, ниобия, диселениты молибдена, титана, ниобия, трисульфид молибдена, графит, нитрид бора	Распад дисульфида, образование серной кислоты. Продукты окисления дисульфидов обладают высокой абразивной и коррозионно-активной способностью
Нанодобавки	Fenom Old Chap (ЛТ, Россия—США)	Наноалмазы, фуллерены	Потери стабильности смазочных материалов, не исследованные побочные эффекты

свойства графита — низкую твердость и способность легко расслаиваться на мельчайшие чешуйки, что обуславливает применение его в качестве противозадирного и противоизносного элемента. При работе слоистый материал заполняет микронеровности поверхностей трения, снижая износ трущихся поверхностей. Аналогичную структуру имеют дисульфид молибдена и нитрид бора. Применение слоистых препаратов в качестве добавок имеет ряд особенностей: под воздействием кислорода происходит распад дисульфида, а попадание воды способствует образованию серной кислоты. Также необходимо отметить, что продукты окисления дисульфидов состоят из оксидов, обладающих высокой абразивной способностью, и серы — коррозионно-активного компонента [3].

В отдельную и специфическую группу следует вынести препараты, содержащие в своем составе наночастицы — наноалмазы, фуллерены. Нанодобавки содержат смесь наноалмазов и наночастиц политетрафторэтилена с повышенной поверхностной энергией, находящихся в масле в виде нанокапсул. При работе двигателя нанокапсулы образуют на металлических поверхностях устойчивую к истиранию при температурах до 500 °С фторопластовую пленку, армированную наноалмазами [3]. Пленка, обладая свойствами твердого смазочного материала, равномерно заполняет все неровности металла, снижая потери на трение и изнашивание. Проблемным вопросом использования нанодобавок является стабильность в смазочных материалах. Нанотехнологии таят в себе ряд опасностей, в том числе и неисследованных. Так, наночастицы могут проникать через кожу человека и накапливаться во внутренних органах.

Отечественные и импортные добавки к моторным маслам представлены в табл. 3.

Выводы

Таким образом, применение дополнительных добавок к стандартным моторным маслам необходимо рассматривать как способ повышения защиты двигателя при эксплуатации его в экстремальных условиях или при уже ухудшенном техническом состоянии. Для исправного двигателя, эксплуатируемого в штатных режимах, использование масла хорошего качества и сокращение срока его замены представляется более оптимальным вариантом, чем передозировка масла дополнительными добавками. Для изношенных двигателей применение добавок к маслу оправданно при разумном отношении к этому способу воздействия на механизм, поскольку эффективность использования таких присадок зависит от точности диагностики механизма и от грамотности их применения. Дополнительные присадки к моторным маслам позволяют замедлить деструктивные процессы в двигателе и продолжить эксплуатацию автомобиля при повреждениях смазочных систем, систем охлаждения, применении топлив и масел, не соответствующих химмотологическим картам, минимизировать износы при эксплуатации в условиях низких и высоких температур окружающего воздуха.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Синельников, А. Ф.** Автомобильные масла, топлива и технические жидкости [Текст] / А. Ф. Синельников, В. И. Балабанов. — М.: Книжное издательство "За рулем", 2007.
2. **Гнатченко, И. И.** Автомобильные масла, смазки, присадки [Текст] / И. И. Гнатченко, В. А. Бородин, В. Р. Репников. — М.: "АСТ", 2000.
3. **Шабанов, А.** Осторожно: присадки [Текст] / А. Шабанов // Популярная механика. — 2002. — № 6.
4. **Папок, К. К.** Химмотология топлив и смазочных масел [Текст] / К. К. Пакок. — М.: Воениздат, 1980.

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

УДК 629.113-585
Н. Н. Гурский,
Ан. М. Захарик,
Ал. М. Захарик,
канд-ты техн. наук,
доценты, МАЗ
Э. Аюби А. Кадер Карами

Моделирование тяговых и тормозных режимов колесных машин

Рассматриваются вопросы моделирования тяговых и тормозных режимов движения колесных машин в заданных дорожных условиях. Представлена математическая модель поступательного прямолинейного движения колесной машины. Приведены результаты моделирования разгона и торможения двухосной колесной машины при движении по заданному случайному микропрофилю дороги.

Ключевые слова: *двигатель, диаграмма, колесо, коэффициент скольжения, коэффициент сцепления, моделирование, нормальная сила, окружной момент, расчетная схема, реакция, тангенциальная сила, торможение, трансмиссия, ускорение.*

Введение. Ускорение, движение и остановка автомобиля на различных типах дорог и при разном их состоянии возможны только при условии, что сила тяги, развиваемая двигателем и приложенная в месте контакта колес с дорогой, превышает суммарные силы сопротивления, действующие на автомобиль. При этом обязательным условием является достаточное сцепление колес автомобиля, особенно ведущих, с поверхностью дороги, иначе они будут буксовать. Сила сцепления зависит от массы, приходящейся на колесо, от состояния покрытия дороги, давления воздуха в шинах и рисунка протектора. Автомобиль может быть остановлен с помощью тормозной системы. Эффективность торможения зависит от конструкции тормозных систем, от величины тормозного момента, состояния шин и дороги. Тормозные механизмы современных автомобилей могут развивать момент, намного превышающий силы сцепления колес с дорогой. Поэтому при торможении может наступить момент, когда колеса автомобиля блокируются и скользят по дороге, не вращаясь. При этом из-за сильного нагрева резины ухудшается сцепление колес с дорогой и удлиняется тормозной путь. Кроме того, может быть потеряно управление автомобилем. На современных автомобилях устанавливаются регуляторы тормозных сил, препятствующие возникновению блокировки колес.

Для оценки влияния состояния дороги на силу сцепления служит коэффициент сцепления, который зависит от вида покрытия дороги и от его состояния. На мокрой, грязной дороге величина коэффициента уменьшается, а следовательно, и сила сцепления примерно наполовину. Уменьшение коэффициента сцепления колес с дорогой наблюдается также при увеличении скорости движения. При пониженном коэффициенте сцепления резко возрастает путь, затрачиваемый автомобилем на торможение.

Для моделировании режимов движения автомобиля, связанных с ускорением и торможением в заданных дорожных условиях, необходимы модели и алгоритмы, описывающие динамические процессы, которые при этом происходят. Ниже приведена соответствующая математическая модель и представлены результаты моделирования движения двухосной колесной машины с задним приводом по асфальтовой дороге, имеющей различные эксплуатационные состояния.

Математическая модель нагружения колес мобильной машины. Важнейшим элементом колесной машины является колесо, посредством которого осуществляется взаимодействие машины с внешней средой — дорогой. Упрощенная расчетная схема нагружения колес машины в тяговом или тор-

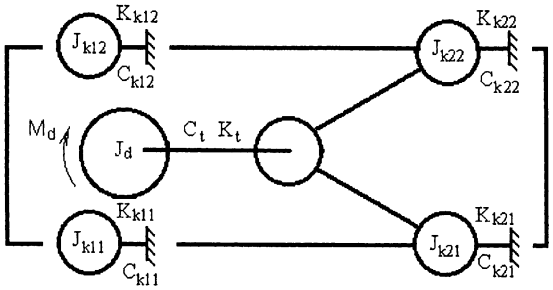


Рис. 1. Упрощенная схема нагружения колес мобильной машины:

M_d — крутящий момент двигателя; J_d — момент инерции двигателя; C_t — жесткость вала трансмиссии; K_t — коэффициент неупругого сопротивления вала трансмиссии; J_{kil} — момент инерции il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); C_{kil} — тангенциальная жесткость шины il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2), K_{kil} — коэффициент неупругого сопротивления шины il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2)

мозном режимах и их воздействие на массу машины показана на рис. 1.

Уравнения движения системы "двигатель—колесо—поступательно движущаяся масса машины" имеют вид:

$$\left.\begin{aligned}
&M_a\ddot{x} + P_W + P_\alpha + P_h = 0;\\
&J_d\ddot{\varphi}_d + \\
&+\sum_{1}^{2}\sum_{i}^{n_b}\left(\frac{C_t}{i_t}\left(\varphi_d - i_t\varphi_{kil}\right) + \frac{K_t}{i_t}\left(\dot{\varphi}_d - i_t\dot{\varphi}_{kil}\right)\right) = \\
&= M_d;\\
&\frac{J_{kil}}{i_t}\ddot{\varphi}_{kil} - \\
&\left(\frac{C_t}{i_t}\left(\varphi_d - i_t\varphi_{kil}\right) + \frac{K_t}{i_t}\left(\dot{\varphi}_d - i_t\dot{\varphi}_{kil}\right)\right) + \\
&+ M_{kil} + \frac{K_{kil}}{i_t}\left(\dot{\varphi}_{kil} - \frac{\dot{x}}{r_{kil}}\right) = -\frac{M_{fil}}{i_t};\\
&M_{kil} = \frac{C_{kil}}{i_t}\left(\varphi_{kil} - \frac{x}{r_{kil}}\right).
\end{aligned}\right\} \quad (1)$$

Если $t \geqslant t_0$:

$$\dot{\varphi}_{kil}(t_0) = \dot{\varphi}_{kil0};\ \varphi_{kil}(t_0) = \varphi_{kil0};$$

$$\dot{x}(t_0) = \dot{x}_0;\ x(t_0) = x_0;$$

$$i = 1, ..., n_b;\ l = 1, 2,$$

где M_a — масса автомобиля; $\ddot{x}$ — ускорение машины в продольном направлении; P_W — сила сопротивления воздуха, $P_W = k_W F(\dot{x})^2$, (k_W — коэффициент формы лобовой площади машины; F — лобовая площадь машины, $\dot{x}$ — скорость машины в продольном направлении); P_α — сила сопротивления подъему, $P_\alpha = M_a g \sin\alpha$ (g — ускорение свободного падения, α — угол подъема опорной поверхности); P_h — сила на крюке; $\ddot{\varphi}_d$ — ускорение вала двигателя; n_b — число ведущих колес по l-му борту машины; i_t — передаточное отношение трансмиссии; φ_d — угол поворота вала двигателя; φ_{kil} — угол поворота il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); $\dot{\varphi}_d$ — угловая скорость вала двигателя; $\dot{\varphi}_{kil}$ — угловая скорость il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); $\ddot{\varphi}_{kil}$ — ускорение il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); M_{kil} — окружной момент il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); $\dot{x}$ — скорость движения машины; x — продольное перемещение машины (путь); r_{kil} — радиус качения il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); M_{fil} — момент сопротивления качению колеса (i = 1, 2; l = 1, 2); t — текущее время; t_0 — начальное время; $\dot{\varphi}_{kil0}$ — угловая скорость il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2) в начальный момент времени; φ_{kil0} — угол поворота il-го колеса (i = 1, 2; l = 1, 2) в начальный момент времени; $\dot{x}_0$ — скорость машины в начальный момент времени; x_0 — продольное перемещение машины в начальный момент времени.

На любое колесо машины в зависимости от режима нагружения могут действовать нормальные (вертикальные), тангенциальные (продольные) и боковые (поперечные) силы и моменты. Нормальная нагрузка R_{zil} — это статическая реакция дороги под il-м колесом плюс динамическая составляющая, зависящая от радиальной жесткости и деформации колеса на заданной неровности дорожного профиля (система уравнений (1) не содержит уравнений для определения вер-

тикальных деформаций колеса). В продольной плоскости при прямолинейном движении действуют сила сопротивления качения $P_{fil} = M_{fil}/r_{kil} = f_{il}R_{zil}$ (f_{il} — коэффициент сопротивления качению il-го колеса, соответствующий рассматриваемым условиям движения) и окружная сила $P_{kil} = M_{kil}/r_{kil}$. Окружная сила (окружной момент) действует на ведущих колесах машины и является источником поступательного движения, сообщаемого массе машины при условии наличия продольной составляющей реакции дороги, которая ограничивается сцеплением колес с дорогой.

Как известно, при прямолинейном движении колеса величину продольной, а в общем случае и боковой реакции в опорной плоскости при полном скольжении называют силой сцепления колеса P_φ. Отношение силы сцепления к нормальной нагрузке колеса характеризуется коэффициентом сцепления $\varphi = \dfrac{P_\varphi}{R_{zil}}$. Максимальное значение момента M_{kil} не должно превышать момента сцепления il-го колеса с дорогой

$$M_{kil}^{\max} = P_\varphi r_{kil} = \varphi R_{zil} r_{kil}. \qquad (2)$$

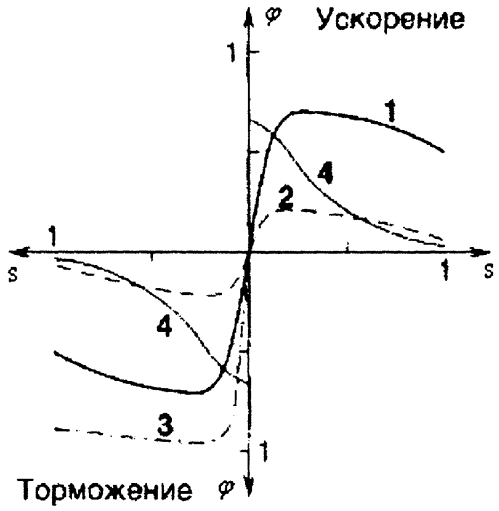


Рис. 2. Кривые зависимости коэффициента сцепления от скольжения:

1 — для мокрого асфальтобетонного покрытия; 2 — для укатанного снега; 3 — для цементобетонного дорожного покрытия; 4 — коэффициент сцепления поперечной силы

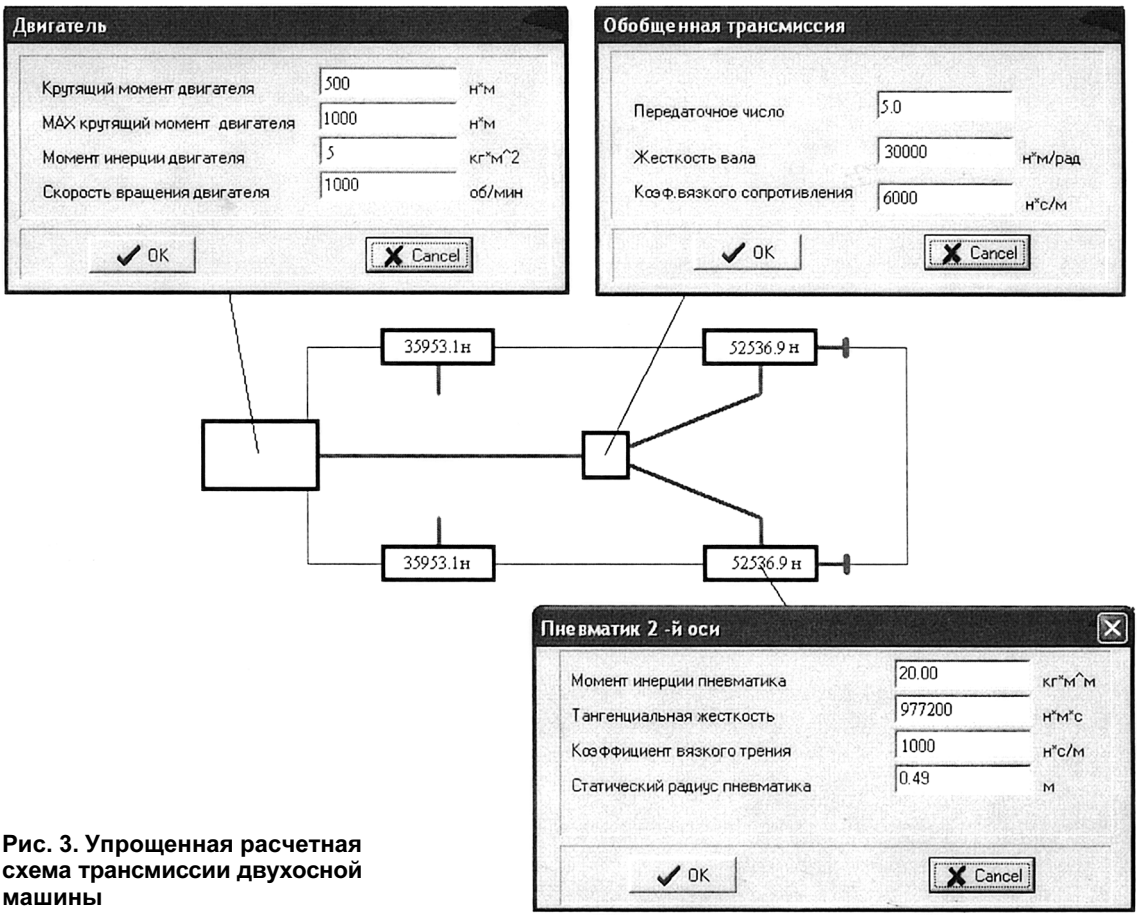


Рис. 3. Упрощенная расчетная схема трансмиссии двухосной машины

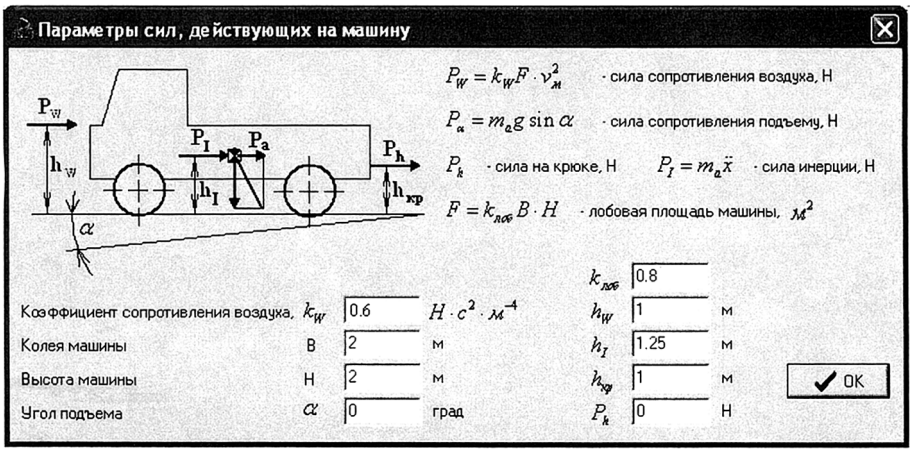


Рис. 4. Параметры сил, действующих на машину

При отрыве колеса от дороги $M_{kil} = 0$.

Момент сопротивления качению действует только, если $M_{kil} > M_{fil}$, т. е.:

$$M_{fil} = \begin{cases} 0, \text{ если } M_{kil} \leqslant M_{fil}; \\ M_{fil}, \text{ если } M_{kil} > M_{fil} \end{cases}.$$

Параметры тангенциальной жесткости C_{kil} и тангенциального демпфирования K_{kil} принимают нулевые значения при отрыве колес от опорной поверхности.

На практике при рассмотрении качения используется коэффициент скольжения колеса, вычисляемый по выражению:

$$s = \frac{\dot{\varphi}_{kil} r_{kil} - \dot{x}}{\dot{\varphi}_{kil} r_{kil}}.$$

При этом для определения степени зависимости сцепных свойств колеса с эластичной шиной от скольжения, пользуются φ—s диаграммами, показанными на рис. 2.

Наибольшая величина коэффициента φ продольной силы, иногда называемая максимальным коэффициентом сцепления φ_{max}, на твердых опорных поверхностях она обычно соответствует 10—15 %-ному скольжению колеса.

Результаты моделирования динамических нагрузок на колеса мобильной машины. На рис. 3 приведены исходные параметры и схема трансмиссии двухосной машины с приводом на задние колеса.

При расчетах нагрузок в основных звеньях трансмиссии приняты следующие значения параметров, входящих в уравнения (1):

- полная масса машины 16400 кг;
- распределение нормальных статических реакций дороги под колесами машины соответствует значениям, приведенным на рис. 3;
- коэффициент сопротивления качению 0,015;
- другие параметры представлены на рис. 4.

Результаты моделирования разгона и торможения колесной машины по дороге с асфальтным покрытием при различном его состоянии ($\varphi_1 = 0{,}125$, $\varphi_2 = 0{,}55$, $\varphi_3 = 0{,}75$) показаны на рис. 5. Начало разгона принималось при $t = 0{,}5$ с до достижения установившейся скорости $\dot{x} = 37$ км/ч. В момент времени $t = 10$ с ко всем колесам машины прикладывался тормозной момент 6000 Н · м, что заведомо больше момента M_{kil}^{max} (см. выражение (2)).

Возникающие при данных условиях окружные моменты на ведущих колесах приведены на рис. 6.

Вывод. Приведенная модель позволяет варьировать на каждом из колес сопротивлением движению, сцеплением, а также тяговыми и тормозными моментами с учетом максимально возможных сил сцепления в заданных дорожных условиях. Математическая модель может быть использована для разработки антиблокиро-

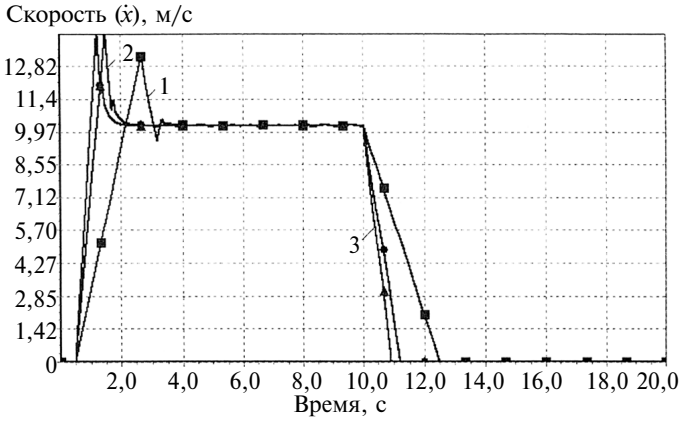


Рис. 5. Диаграмма разгона и торможения двухосной колесной машины:

1 — φ_1 = 0,25; 2 — φ_2 = 0,55; 3 — φ_3 = 0,75

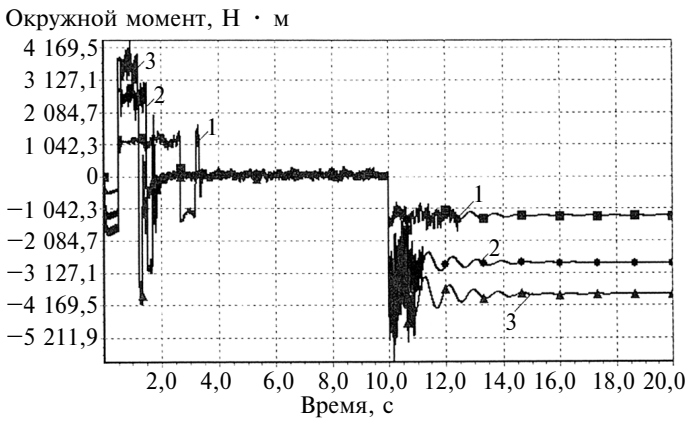


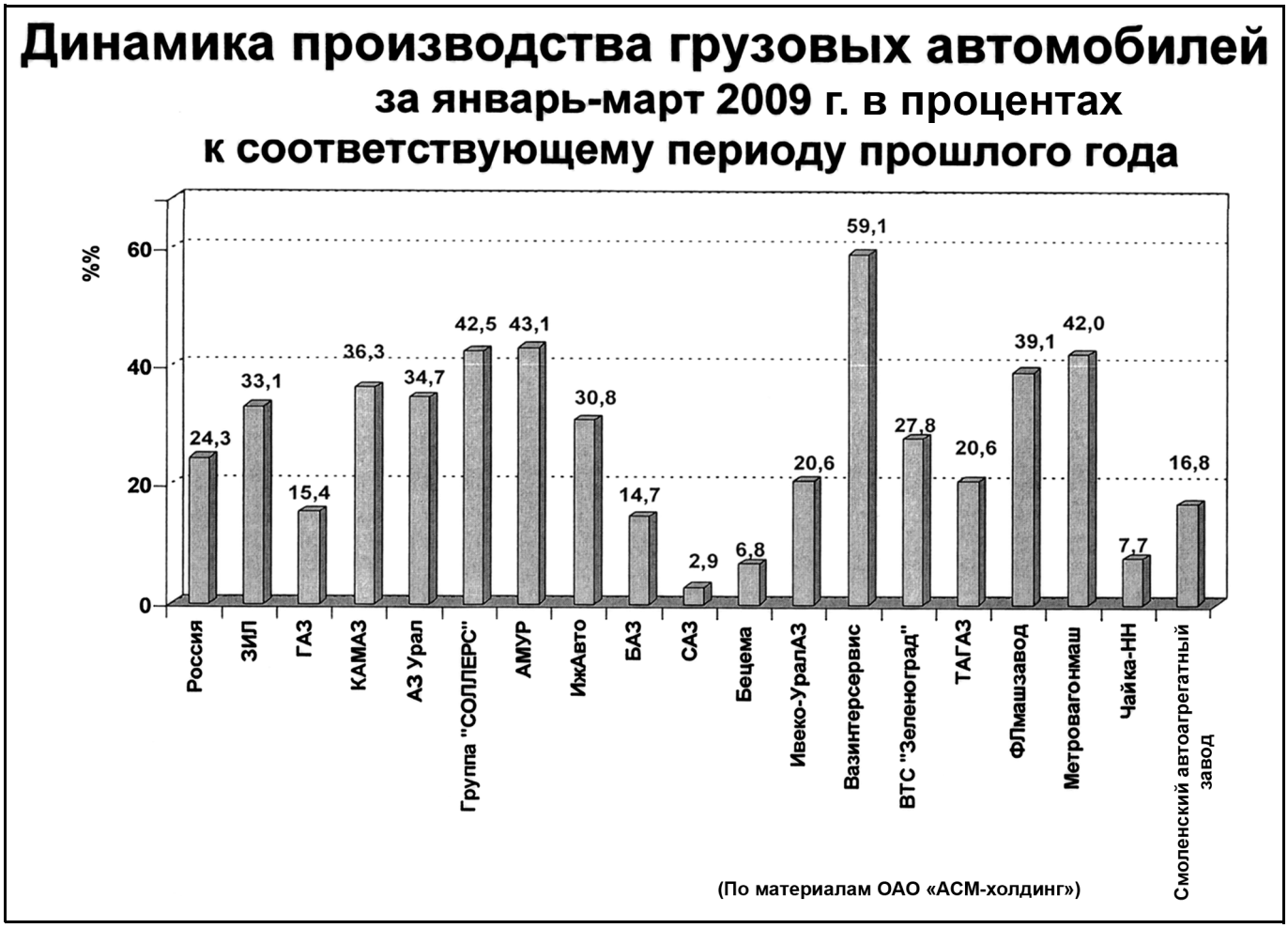
Рис. 6. Кривые окружных моментов на ведущих колесах колесной машины:

1 — φ_1 = 0,25; 2 — φ_2 = 0,55; 3 — φ_3 = 0,75

вочных и противобуксовочных систем автомобилей, для исследования устойчивости колесной машины и нагруженности элементов трансмиссии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Автомобили:** Конструкция, конструирование и расчет. Трансмиссия: Учеб. пособие [Текст] / А. И. Гришкевич, В. А. Вавуло, В. А. Карпов и др. Под ред. А. И. Гришкевича. — Мн.: Выш. шк., 1985. — 240 с.
2. **Гурский, Н. Н.** Моделирование и оптимизация колебаний многоопорных машин. Монография [Текст] / Н. Н. Гурский, Р. И. Фурунжиев. — Мн.: БНТУ, 2008. — 296 с.
3. **Смирнов, Г. А.** Теория движения колесных машин [Текст] / Г. А. Смирнов. — М.: Машиностроение, 1990. — 352 с.
4. **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).



ABC анализ в обосновании выбора главных элементов надежности электрооборудования автомобиля

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

Проведен выбор главных элементов надежности на примере легкового автомобиля на основе метода ABC анализа.

Ключевые слова: *качество, надежность, ABC анализ, электрооборудование.*

Современный автомобиль, являясь сложным высокотехнологичным продуктом, состоит из множества изделий, каждое из которых в определенной степени влияет на его надежность.

Для обеспечения требуемых показателей надежности автомобиля надежность комплектующих изделий должна быть выше эксплуатационной надежности объекта в целом в пределах гарантийного периода эксплуатации. При этом отсутствие схем резервирования систем и элементов в современных автомобилях свидетельствует о функционально последовательном их соединении, при котором эквивалентная надежность рассчитывается как произведение надежностей соответствующих частей.

Надежность любого технического устройства определяется параметрами вероятности безотказной работы и ремонтопригодности. Обеспечение высокой надежности автомобиля связано с необходимостью организации системы управления, в которой посредством определения основных проблем надежности, организации мероприятий по их решению, варьированием надежности и ремонтопригодности всех компонентов можно достигать высоких показателей надежности и эффективности послепродажного технического обслуживания.

При организации системы управления надежностью автомобиля первичной задачей является структурирование всех комплектующих изделий, входящих в его состав, по группам надежности на основе критериев вероятности безотказной работы и ремонтопригодности. Для решения этой задачи предлагается использовать метод ABC анализа.

В XIX веке итальянский ученый В. Парето вывел кривую, которую обычно называют правилом 80:20, а еще чаще кривой ABC анализа.

В 1937 г. Дж. Джуран главным применением принципа Парето видел в построении эффективных производственных систем управления качеством. Первые реальные применения этого принципа были сделаны, когда он в 1941 г. занимался поставкой вооружений в армию США. После войны метод широко пропагандировался для решения задач менеджмента.

Принцип разделения Парето заключается в выделении трех групп элементов (табл. 1), где процентные значения долей могут варьироваться в зависимости от поставленных задач и отрасли применения метода.

Таблица 1

Принцип разделения по правилу Парето

Класс	Процент от общего количества позиций
A (X)	10—15
B (Y)	10—20
C (Z)	65—80

Сегодня наиболее широкое применение правило Парето получило в отраслях экономики, логистики и управлении качеством. Несмотря на то, что надежность является ключевым показателем качества продукции, до настоящего времени метод ABC в управлении конкретно надежностью используется недостаточно, хотя при этом он имеет ряд неоспоримых преимуществ перед традиционными методами, к числу которых относятся выделение первых топ-проблем и правило ранжирования проблем качества по методике 8D.

К числу преимуществ ABC анализа можно отнести простоту и наглядность получения результатов, их объективность с точки зрения факторов ранжирования.

Алгоритм работы по разделению элементов на группы в общем виде сводится к выполнению четырех этапов: определение объектов анализа, определение параметра, по которому будет проводиться анализ, сортировка объектов анализа в порядке убывания значения параметра, определение групп A, B и C.

В нашем случае использование метода ABC анализа продиктовано необходимостью проверки результатов исследования надежности современных легковых автомобилей [1]. Наиболее существенно влияет на безотказность автомобилей система электрооборудования и конкретно изделия, имеющие в своем составе электромеханические преобразователи (генератор, электростартер, электромеханический усилитель рулевого управления).

Первым из параметров, по которому проводится разделение позиций, является вероятность безотказной работы. Проводится расчет и выстраивание списка всех компонентов в порядке увеличения количественного значения показателя с последующим разделением всей номенклатуры на группы A, B и C.

Элементы категории A особенно важны для обеспечения надежности объекта в целом, поэтому для них разрабатываются особые правила работы.

Для элементов категории B обычно не меняют правила работы, а для категории C в некоторых случаях их даже ослабляют.

Продолжением ABC анализа является принцип ABC-XYZ, который позволяет проводить ранжирование элементов уже по двум категориям. В нашем случае вторая категория — затраты на обеспечение надежности в послепродажный период эксплуатации автомобилей.

Определяется наличие общих элементов в группах A и X, B и X, C и X, A и Y, B и Y, B и Z, C и X, C и Y, C и Z и формируется 9 групп с соответствующими характеристиками и возможными стратегиями работы (табл. 2).

Таблица 2

Описание групп элементов ABC-XYZ

Группа	Характеристика	Стратегии работы с элементами
AX	Низкая надежность. Высокие затраты на устранение отказов	Главная группа надежности, для которой необходима разработка срочных мероприятий по повышению показателей надежности и (или) повышению ремонтопригодности
AY	Низкая надежность. Средние затраты на устранение отказов	Вторая по важности группа надежности, работа с элементами которой реализуется по мере актуализации списка ABC-XYZ
AZ	Низкая надежность. Низкие затраты на устранение отказов	Группа элементов надежности, работа с которой проводится исходя из значимости потерь имиджа продукции в результате недостаточной надежности
BX	Средняя надежность. Высокие затраты на устранение отказов	Группа элементов, которая, несмотря на средние показатели надежности, имеет высокие затраты на устранение отказов. Решение проблем необходимо искать в области повышения ремонтопригодности
BY	Средняя надежность. Средние затраты на устранение отказов	Группы изделий, относительно которых производятся сравнение и выбор главной группы и группы элементов
BZ	Средняя надежность. Низкие затраты на устранение отказов	
CX	Высокая надежность. Высокие затраты на устранение отказов	Группа, как правило, сложных технических элементов, имеющих незначительное количество отказов, но при этом для них характерны значительные затраты на устранение
CY	Высокая надежность. Средние затраты	Элементы, нуждающиеся в решении проблемы улучшения ремонтопригодности
CZ	Высокая надежность. Низкие затраты	В группу входят самые надежные элементы с низкими затратами на устранение отказов

Анализ данных табл. 2 показывает, что для эффективного управления надежностью автомобилей необходимо в первую очередь организовать соответствующую работу для группы элементов АХ. Номенклатура позиций, входящих в АХ, это элементы, улучшая которые можно достичь существенного повышения надежности и сокращения затрат в эксплуатации.

Таким образом, ключевым этапом работы по разделению всей номенклатуры позиций по группам является выбор элементов АХ. В нашем случае правильность первоначальных рассуждений о ключевом характере влияния на надежность системы электрооборудования и автомобиля в целом электроизделий, имеющих в своем составе электромеханические преобразователи, означает наличие этих элементов (генератор, электростартер и электромеханический усилитель рулевого управления) в группе позиций АХ.

В математической среде Mathlab авторами разработана соответствующая программа, которая реализует алгоритм разделения номенклатуры позиций отказов по целому ряду семейств легковых автомобилей в соответствии с методом ABC-XYZ.

В результате на выходе программы получается 9 массивов позиций отказов по каждому семейству с соответствующими характеристиками.

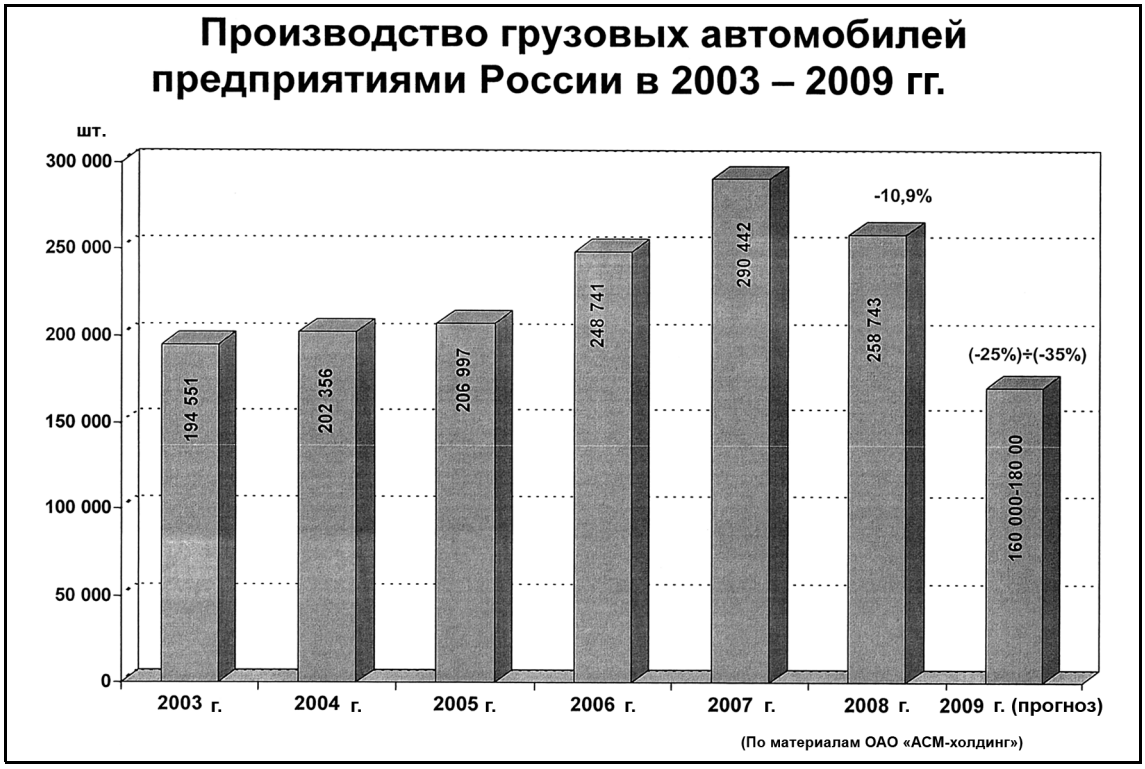
Полученные результаты подтверждают правильность первичных выводов о наиболее высокой значимости системы электрооборудования в формировании показателей надежности автомобилей. В группы АХ по рассмотренным семействам вошли все ранее выделенные элементы: генератор, электростартер, электромеханический усилитель рулевого управления.

Таким образом, использование метода ABC в выборе особо значимых с точки зрения надежности элементов автомобиля показывает правильность сделанных ранее предположений.

В управлении надежностью автомобильной техники применение метода позволит более обоснованно подойти к выбору элементов, повышение качества и надежности которых способно существенно повысить качество и надежность автомобиля в целом.

ЛИТЕРАТУРА

1. **Козловский В. Н**. Исследование надежности современного автомобиля [Текст] / В. Н. Козловский, Р. А. Малеев // Грузовик &, 2008. — № 8.



УДК 629.113-585
Ю. М. Захарик,
д-р техн. наук,
Ан. М. Захарик,
Ал. М. Захарик,
доц-ты, канд-ты
техн. наук, МАЗ

Моделирование работы системы управления скоростным режимом автомобиля

Рассмотрены функции разработанной системы. Описана математическая модель, позволяющая имитировать работу автоматической системы. Приведена классификация автоматических систем-аналогов.

Ключевые слова: *автомобиль, контур, метод, моделирование, ошибка, программа, регулятор, режим, система, скорость, функция предикат.*

Функции системы. Разработана система управления скоростным режимом автомобиля SCVMA, ориентированная на реализацию алгоритма управления микропроцессорными средствами. Система управления сформирована как многоуровневая иерархическая система, что создает возможность реализации следующих функций.

Функция "стабилизация" — поддерживает заданную водителем скорость независимо от изменения суммарного сопротивления движению автомобиля.

Функция "позиционирование в потоке" — регулирует безопасное расстояние до впереди или позади идущего автомобиля.

Функция "переставка" — исключает возможность перестроения автомобиля при наличии помех в момент маневрирования.

Функция "остановка" — предотвращает самопроизвольное движение автомобиля при кратковременных остановках без нажатия на педаль тормоза.

Функция "трогание в сложных дорожных условиях" — обеспечивает раскачивание автомобиля и реализацию тягового момента, превышающего максимальный момент двигателя за счет включения сцепления с высокой скоростью.

Система регулирует положение кузова относительно дорожной поверхности при движении автомобиля на поворотах, быстрой смене полосы движения, резком разгоне и торможении путем непрерывного изменения характеристик подвески (жесткость, демпфирование, ход). При интенсивном разгоне автомобиля движение на включенной передаче продолжается максимально возможное время для того, чтобы избежать ненужное переключение . На переходных режимах движения система обеспечивает щадящий режим работы для элементов трансмиссии. При аварийном торможении в тормозном контуре увеличивается давление с максимально возможной скоростью.

Электромеханические исполнительные механизмы системы минимизируют затраты энергии для управления силовым агрегатом и рулевым управлением.

Обоснование класса системы. Системой автоматического управления называется совокупность взаимодействующих определенным способом между собой технических устройств, выполняющих заданные функции управления без непосредственного участия человека. Управлением в широком смысле слова называется организация какого-либо процесса, обеспечивающая достижение поставленной цели. Теория автоматического управления — область науки, изучающая принципы построения, методы анализа и синтеза систем автоматического управления [1—3, 6].

Наряду с системами автоматического управления широко используются системы автоматического регулирования. Управление — более общий термин, чем регулирование,

стабилизация, слежение и ориентация. Система автоматического управления может реализовывать любую из указанных задач, но может решать также и совокупность такого рода задач и иметь различные дополнительные функции [1—3, 6].

С учетом изложенного выше, а также принимая во внимание назначение системы SCVMA и требования, предъявляемые к ней, можно сделать вывод: система SCVMA относится к классу систем автоматического управления. Тогда целесообразно применить теорию систем автоматического управления и регулирования при решении задач по проектированию, анализу и синтезу, улучшению качества системы SCVMA.

Для классификации систем автоматического управления известно достаточно много различных признаков. Рассмотрим те из них, которые имеют непосредственное отношение к системе управления SCVMA.

По принципу действия все многообразные системы автоматического управления можно подразделить на замкнутые, разомкнутые и комбинированные. В замкнутых системах автоматического управления задающее воздействие сравнивается с текущим значением регулируемой величины, в разомкнутых — сравнения не происходит. Комбинированный принцип заключается в сочетании замкнутого и разомкнутого способов управления в одной системе [1—3, 6].

В зависимости от характера задающего воздействия системы автоматического управления подразделяют на следующие:

— системы стабилизации, в которых задающее воздействие имеет постоянное заранее известное значение и регулируемая величина поддерживается на заданном уровне. Основной режим работы данных систем направлен на уменьшение или полное устранение ошибок, вызываемых возмущающими воздействиями;

— системы программного управления, в которых задающее воздействие является заранее известной функцией времени. Основной режим работы данных систем связан с изменением управляемой (регулируемой) величины по требуемой программе и устранении ошибок вследствие возмущающих воздействий;

— следящие системы, в которых задающее воздействие заранее не определено и произвольно изменяется во времени. Основной режим следящих систем направлен на воспроизведение (копирование) управляемой (регулируемой) величиной этого изменения [2, 6].

Одна и та же система автоматического управления при различных алгоритмах управления может работать в каждом из указанных выше режимов.

По характеру формирования и виду передаваемых сигналов системы автоматического управления разделяют на следующие системы:

— непрерывные, состоящие из непрерывных элементов, в которых при непрерывном изменении входного сигнала непрерывно изменяется выходной сигнал;

— дискретные, в которых хотя бы в одном звене при непрерывном изменении входной величины выходная величина изменяется не непрерывно, а имеет вид отдельных импульсов, появляющихся через некоторые промежутки времени;

— релейные, в которых хотя бы в одном звене при непрерывном изменении входной величины выходная величина в некоторых точках процесса изменяется ступенчато (квантование по уровню).

В свою очередь дискретные системы автоматического управления разделяют на системы:

— с импульсной модуляцией (амплитудно-, широтно-, частотно- и фазоимпульсной), элементы которых формируют сигналы в виде периодической последовательности импульсов;

— цифровые и релейно-импульсные, в которых сигналы квантуются по времени и по уровню.

В зависимости от принципа формирования управляющего воздействия системы автоматического управления могут быть жесткими (неприспосабливающимися) и адаптивными (приспосабливаю-

щимися). К жестким системам относят системы автоматического управления, свойства которых в процессе эксплуатации не претерпевают контролируемых изменений и алгоритм формирования управляющего воздействия, заданный заранее, также не изменяется [1—3, 6].

Адаптивные системы характеризуются тем, что в них в зависимости от внешних условий изменяются свойства управляющей системы. Адаптивные системы подразделяют на экстремальные, самонастраивающиеся, самоорганизующиеся и самообучающиеся, в которых по различным показателям осуществляется корректировка характеристик управляющей части или изменение ее структуры [1—3, 6].

В зависимости от количества обратных связей различают одноконтурные и многоконтурные системы автоматического управления. Системы автоматического управления, имеющие только одну (главную) обратную связь называются одноконтурными [2, 3].

Системы автоматического управления помимо главной обратной связи могут иметь одну или несколько дополнительных (локальных) обратных связей. Локальные обратные связи используются в корректирующих и исполнительных элементах систем автоматического управления для придания им требуемых свойств. Системы автоматического управления, содержащие одну или несколько локальных обратных связей, называются многоконтурными [2, 3].

В зависимости от числа управляемых параметров системы автоматического управления подразделяют на одномерные (один управляемый параметр) и многомерные (n управляемых параметров). Многомерные системы управления могут быть системами несвязанного и связанного управления. В системах связанного управления устройства управления связаны между собой и для обеспечения их функциональной работоспособности требуется вполне определенное взаимодействие устройств. В системах несвязанного управления устройства управления не связаны друг с другом и работают независимо [1].

В зависимости от наличия дополнительных источников энергии системы автоматического управления делятся на системы прямого и непрямого действия.

Анализ приведенной классификации систем автоматического управления показал следующее. Система автоматического управления SCVMA является замкнутой, многоконтурной и связанной системой управления. В системе используются цифровые, импульсные и релейные способы формирования управляющих сигналов. В связи с тем, что система SCVMA имеет в своем составе усилительные устройства, она является системой непрямого действия.

Система SCVMA относится к классу следящих систем. Однако на некоторых режимах (например при резком нажатии на педаль системы управления и последующем воспроизведении системой не воздействия, заданного водителем, а заранее известной функции) система SCVMA работает как система программного управления или система стабилизации.

Все многообразие систем-аналогов представлено, как правило, жесткими (неадаптивными) системами. Создание системы автоматического управления скоростным режимом адаптивного класса за счет коррекции структуры и параметров алгоритма управления позволяет сформировать управляющие воздействия в зависимости от внешних условий и повысить эффективность использования системы.

Математическая модель системы. Проведенный анализ реализуемых системой функций, а также анализ существующих моделей агрегатов автомобилей показал необходимость создания интегральной системы моделирования, включающей математические модели двигателя внутреннего сгорания, трансмиссии, подвески, тормозной системы, рулевого управления и их исполнительных механизмов. Интегральная система моделирования должна быть построена на основе модульного принципа и метода системного подхода в виде единой информационно-управляющей системы. Использование функции предикат при математическом описании рабочих процессов в агрегатах автомобилей расширяет функциональные возможности вычислительной модели и позволяет повысить оперативность ее создания [4, 5].

Уравнения интегральной системы имеют вид:

$$\ddot{z}_{\text{р}} = [1 + \operatorname{sgn}(R_{\text{р}} - L_{\text{р}})](R_{\text{р}} - L_{\text{р}})/2m_{\text{р}};$$

$$\begin{aligned}\ddot{x}_i = {} & [\lambda_1 L_{i-1}(F_{i-1} + r_{i-1}(\dot{x}_{i-1} - \dot{x}_i)) - \\ & - L_i(F_i + r_i(\dot{x}_i - \dot{x}_{i+1}\lambda_2)) - F_{\text{т}i}\operatorname{sgn}\dot{x}_i + \\ & + (1 - \lambda_1)(C_{\text{о}}(x_{\max} - x_1) - L_{\text{пр}}F_{\text{пр}})]/m_i;\end{aligned}$$

$$a_{11}p_{\text{р}}\frac{p_{\text{р}}-p_{\text{к}1}}{Bp_{\text{р}}-p_{\text{к}1}}-$$

$$-L_{\text{п}}a_{12}p_{\text{к}1}\frac{p_{\text{к}1}-p_{\text{в}}}{Bp_{\text{к}1}-p_{\text{в}}}-\dot{p}_{\text{к}1}=0;$$

$$L_{\text{п}}a_{21}p_{\text{к}1}\frac{p_{\text{к}1}-p_{\text{в}}}{Bp_{\text{к}1}-p_{\text{в}}}-a_{22}(L_{\text{п}}p_{\text{в}}+$$

$$+(L_{\text{п}}-1)p)\frac{[1+2\text{sign}(L_{\text{п}}-1)](p_{\text{в}}-p)}{[1+2\text{sign}(L_{\text{п}}-1)](Bp_{\text{в}}-p)}-$$

$$-a_{23}p_{\text{в}}\frac{p_{\text{в}}-p_{\text{к}2}}{Bp_{\text{в}}-p_{\text{к}2}}-\dot{p}_{\text{в}}=0;$$

$$a_{31}(L_{\text{п}}p_{\text{в}}+(L_{\text{п}}-1)p)\times$$

$$\times\frac{[1+2\text{sign}(L_{\text{п}}-1)](p_{\text{в}}-p)}{[1+2\text{sign}(L_{\text{п}}-1)](Bp_{\text{в}}-p)}-$$

$$-[1+2\text{sgn}(L_{\text{п}}-1)]\times$$

$$\times\left[\frac{V_{\text{о}}F_{\text{п}}y_{\text{п}}}{k}\dot{p}-F_{\text{п}}py_{\text{п}}\right]=0;$$

$$a_{41}p_{\text{в}}\frac{p_{\text{в}}-p_{\text{к}2}}{Bp_{\text{в}}-p_{\text{к}2}}+(L_{\text{п}}-1)a_{42}p_{\text{к}2}\times$$

$$\times\frac{p_{\text{к}2}-p_{\text{а}}}{Bp_{\text{к}2}-p_{\text{а}}}-\dot{p}_{\text{к}2}=0;$$

$$\ddot{y}_{\text{п}}=(pF_{\text{п}}-b_h\dot{y}_{\text{п}}-F_{\text{пр}}-F_{\text{тр}}\,\text{sgn}\,\dot{y}_{\text{п}})/m_{\text{п}};$$

$$\dot{\omega}_{\partial}=\{M_{\partial}-0{,}5(M_1+M_{r1})[1+$$

$$+\text{sgn}(M_{\text{с}}-|M_1+M_{r1}|)]L_{A1}-$$

$$-0{,}5M_{\text{с}}\text{sgn}(\omega_{\partial}-\omega_1)\times$$

$$\times[1-\text{sgn}(M_{\text{с}}-|M_1+M_{r1}|)]|L_{A1}-1|-$$

$$-M_{MT}L_{A1}\}/I_{\partial};$$

$$\dot{M}_1=0{,}5[1+\text{sgn}(M_{\text{с}}-|M_1+M_{r1}|)]\times$$

$$\times(\omega_{\partial}-\omega_1)L_{A1}/e_1;$$

$$M_{r1}=0{,}5[1+\text{sgn}(M_{\text{с}}-|M_1+M_{r1}|)]\times$$

$$\times(\omega_{\partial}-\omega_1)L_{A1}r_1;$$

$$\dot{\omega}_1=\{0{,}5(M_1+M_{r1})\times$$

$$\times[1+\text{sgn}(M_{\text{с}}-|M_1+M_{r1}|)]L_{A1}+$$

$$+0{,}5M_{\text{с}}\text{sgn}(\omega_{\partial}-\omega_1)\times$$

$$\times[1-\text{sgn}(M_{\text{с}}-|M_1+M_{r1}|)]|L_{A1}-1|-$$

$$-[M_{\text{ск}}\text{sgn}(\omega_1-\omega_2 i_{\text{к}})|L_{B3}-1|+$$

$$+(M_2+M_{r2})L_{B3}]/i_{\text{к}}\eta_{\text{п}}\}/I_1;$$

$$\dot{M}_2=(\omega_1-\omega_2 i_{\text{к}})L_{B3}/e_2;$$

$$M_{r2}=(\omega_1-\omega_2 i_{\text{к}})L_{B3}r_2;$$

$$\dot{\omega}_2=\{M_{\text{ск}}\text{sgn}(\omega_1-\omega_2 i_{\text{к}})|L_{B3}-1|+$$

$$+(M_2+M_{r2})L_{B3}-(M_3+M_{r3})\}/I_2;$$

$$\dot{M}_3=(\omega_2-\omega_3)/e_3;$$

$$M_{r3}=(\omega_2-\omega_3)r_3;$$

$$\dot{\omega}_3=(M_3+M_{r3}-M_{34})/I_3;$$

$$\dot{M}_{34}=[\omega_3-0{,}5(\omega_4^{\text{л}}+\omega_4^{\text{п}})]/e_{34};$$

$$\dot{\omega}_4^{\text{л}}=(0{,}5M_{34}-(M_4^{\text{л}}+M_{r4}^{\text{л}}))/I_4;$$

$$\dot{M}_4^{\text{л}}=(\omega_4^{\text{л}}-L_{B1}\omega_5^{\text{л}})/e_4;$$

$$M_{r4}^{\text{л}}=(\omega_4^{\text{л}}-L_{B1}\omega_5^{\text{л}})r_4;$$

$$\dot{\omega}_4^{\text{п}}=(0{,}5M_{34}-(M_4^{\text{п}}+M_{r4}^{\text{п}}))/I_4;$$

$$\dot{M}_4^{\text{п}}=(\omega_4^{\text{п}}-L_{B1}\omega_5^{\text{п}})/e_4;$$

$$M_{r4}^{\text{п}}=(\omega_4^{\text{п}}-L_{\text{B}1}\omega_5^{\text{п}})r_4;$$

$$\dot{\omega}_5^{\text{л}}=L_{B1}(M_4^{\text{л}}+M_{r4}^{\text{л}}-M_x^{\text{л}}-$$

$$-(M_f+M_{\text{т}}^{\text{л}})\text{sgn}\,\omega_5)/I_5;$$

$$\dot{\omega}_5^{\text{п}}=L_{B1}(M_4^{\text{п}}+M_{r4}^{\text{п}}-M_x^{\text{п}}-$$

$$-(M_f+M_{\text{т}}^{\text{п}})\text{sgn}\,\omega_5)/I_5;$$

$$\dot{\omega}_6=L_{B2}(M_x^{\text{л}}+M_x^{\text{п}}-M_{\psi\text{п}}-M_B)/I_6;$$

$$M_x=k_x r_0 Z/i_0 i_{\text{к}}\eta_{\text{м}};$$

$$S_{\text{к}}^{\text{лп}}=(V_{\text{а}}-\omega_5^{\text{лп}}r_0/i_0 i_{\text{к}})/V_{\text{а}};$$

$$L_{A1}=\begin{cases}0,\ \text{при}\ \omega_{\partial}\neq\omega_1;\\ 1,\ \text{при}\ \omega_{\partial}=\omega_1;\end{cases}$$

$$L_{B1}=\begin{cases}0,\ \text{при}\ (M_f+M_{\text{т}}^{\text{лп}}\text{sgn}\,\omega_5+\\ +M_x^{\text{лп}}>M_4^{\text{лп}}+M_{r4}^{\text{лп}};\\ 1,\ \text{при}\ (M_f+M_{\text{т}}^{\text{лп}})\text{sgn}\,\omega_5+\\ +M_x^{\text{лп}}\leqslant M_4^{\text{лп}}+M_{r4}^{\text{лп}};\end{cases}$$

$$L_{B2} = \begin{cases} 0, \text{ при } M_{\psi п} > M_x^{л} + M_x^{п}; \\ 1, \text{ при } M_{\psi п} \leqslant M_x^{л} + M_x^{п}; \end{cases}$$

$$L_{B3} = \begin{cases} 0, \text{ при } \omega_1 - \omega_2\ i_к > \Delta\omega_{cæ}; \\ 1, \text{ при } \omega_1 - \omega_2\ i_к \leqslant \Delta\omega_{cæ}, \end{cases}$$

где L_{A1}, L_{Bj}, $L_п$, $L_{пр}$, L_i — функции предикат; $R_р$, $L_р$ — переменные параметры, зависящие от характеристик элементов регулятора; $z_р$, $m_р$ — перемещение и масса регулятора; x_i, m_i — координаты линейного перемещения, массы нажимного и ведомого дисков; $F_{тi}$, F_i — силы трения в шлицевых соединениях дисков и усилия между поверхностями трения дисков сцепления, $i = 1—2$ для однодискового сцепления, $i = 1—4$ для двухдискового; r_i — коэффициенты демпфирования ведомых дисков; $F_{пр}$ — усилие, развиваемое исполнительным механизмом на вилке сцепления, $F_{пр} = C_{пр}(h - i_{пр}x_1)i_{пр}$, $i_{пр}$ — передаточное число исполнительного механизма; $C_{пр}$, C_0 — приведенные жесткости механической части исполнительного механизма сцепления и нажимных пружин; x_{max} — предварительный натяг нажимных пружин при полностью выключенном сцеплении; λ_1, λ_2 — переключатели, $\lambda_1 = \text{sgn}(i - 1)$, $\lambda_2 = \text{sgn}(n - 1)$; n — число поверхностей трения; $p_{к1}$, $p_{к2}$, $p_в$, $p_р$, $p_а$ — давление рабочей среды соответственно в полостях клапанов впуска и выпуска, в узле соединения клапанов и цилиндра, в ресивере автомобиля, а также атмосферное; $y_п$, p — обобщенные координаты: перемещение поршня и давление в рабочих полостях исполнительных цилиндров двигателя, сцепления и коробки передач; a_{ij} — постоянные коэффициенты ($i, j = 1, ..., 4$); $F_{тр}$ — сила трения в исполнительном цилиндре; b_h — коэффициент пропорциональности; $m_п$, $F_п$, $V_о$ — приведенная масса, площадь поршня и начальный объем рабочей полости исполнительного цилиндра; ω_i — угловая скорость массы с моментом инерции I_i ($i = 1, ..., 6$); $\Delta\omega_{cæ}$ — допустимая величина разности угловых скоростей синхронизируемых элементов; M_i, M_{ri} — соответственно упругий и демпфирующий моменты в звене с податливостью e_i и коэффициентом демпфирования r_i; $\eta_п$ — КПД выбранной передачи; M_b, M_f, M_ψ, $M_т$, M_x — соответственно приведенные к первичному валу коробки передач моменты сопротивления воздуха, качению колес, суммарного дорожного сопротивления, тормозные моменты и моменты, обусловленные силой, передаваемой от ведущего колеса к раме автомобиля; $i_о$, $i_к$ — передаточные числа ведущего моста и коробки передач соответственно; $M_{мт}$ — момент, создаваемый моторным тормозом; $M_{\psi п}$ — момент сопротивления прицепа; Z — нормальная к опорной поверхности составляющая реакции дороги; $r_о$ — радиус качения колеса при отсутствии скольжения; k_x — коэффициент продольной силы колеса; $S_к^{лп}$ — коэффициент скольжения ведущего колеса левого (правого) борта автомобиля в продольном направлении.

В системе SCVMA текущее значение управляемой выходной величины Y сравнивается с заданным входным значением G и выявляется ошибка (рассогласование):

$$X = G - Y,$$

где G и Y — задающее воздействие и регулируемая величина соответственно.

Из выражения (1) следует, что основная задача системы автоматического управления состоит в обеспечении совпадения задающего воздействия G и регулируемой величины Y с заданной степенью точности X [2].

Ошибки в системе автоматического управления возникают в результате изменения задающего воздействия G или вследствие возмущений F на объект управления (ОУ). Для уменьшения ошибки устройство управления (УУ) формирует управляющее воздействие U на объект управления. Устройство управления в общем случае включает в себя измерительное, усилительное, исполнительное и преобразовательное устройства [1—3].

Следящая система имеет обратную связь, которая служит для измерения результата действия системы. На входе системы на основании сигналов с датчиков обратной связи и задающего воздействия в элементе сравнения (рассогласования) производится вычитание $X^* = G^* - Y^*$. Алгоритм работы системы автоматического управления сформирован таким образом, чтобы все время сводить к нулю рассогласование X^*.

Обобщенный закон автоматического управления скоростным режимом автомобиля имеет вид:

$$F_g\left\{\Delta M_{\text{р}}\frac{d\Delta M_{\text{р}}}{dt}, \frac{d^2\Delta M_{\text{р}}}{dt^2}\right\} =$$

$$=$$

$$F_{g+1}\left\{\Delta V, V_g, \Delta S, \frac{d\Delta V}{dt}, \frac{dV_g}{dt}, \frac{d\Delta S}{dt}, \frac{d^2\Delta V}{dt^2}\right\},$$

$$\frac{d^2V_g}{dt^2}, \frac{d^2\Delta S}{dt^2}, \ldots, \frac{d^n\Delta V}{dt^n}, \frac{d^nV_g}{dt^n}, \frac{d^n\Delta S}{dt^n} \int\Delta V dt,$$

$$\int V_g dt, \int\Delta S dt, \int\int\Delta V dt^2, \int\int V_g dt^2, \int\int\Delta S dt^2, \ldots,$$

$$\int^n\Delta V dt^n, \int^n V_g dt^n, \int^n\Delta S dt^n\},$$

где F_g и F_{g+1} — функционалы управления; $\Delta M_{\text{р}}$ — отклонение тягового момента $M_{\text{р}}$ от установившегося значения $M_{\text{ро}}$ ($\Delta M_{\text{р}} = \Delta M_{\text{с}}$ при трогании автомобиля с места, $\Delta M_{\text{р}} = \Delta M_{\text{д}}$ при последующем движении автомобиля); V_g — задаваемая водителем скорость автомобиля; ΔS — отклонение текущего значения коэффициента скольжения $S_{\text{к}}$ от оптимального значения S^*.

Вывод

Сравнение результатов имитационного моделирования, полученных в соответствии с разработанной на основе интегральной системы математической моделью, и результатов экспериментальных исследований позволило сделать вывод о приемлемой точности моделирования переходных процессов движения автомобиля.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Бесекерский, В. А.** Системы автоматического управления с микроЭВМ [Текст]/ В. А. Бесекерский, В. В. Изранцев. — М.: Наука, 1987. — 320 с.
2. **Бесекерский, В. А.** Теория систем автоматического регулирования [Текст] / В. А. Бесекерский, Е. П. Попов. — М.: Наука, 1972. — 768 с.
3. **Бесекерский, В. А.** Цифровые автоматические системы [Текст] / В. А. Бесекерский. — М.: Наука, 1976. — 576 с.
4. **Захарик, Ан. М.** Интегральная система моделирования как основа исследования переходных режимов движения автомобилей [Текст] / Ан. М. Захарик, Ю. М. Захарик // Грузовик &. — 2006. — № 9. — С. 46—48.
5. **Захарик, Ан. М.** Интеллектуальные системы управления автомобилей. Проблемы создания и внедрения [Текст] / Ан. М. Захарик, Ю. М. Захарик // Техника. Экономика. Организация. — 2004. — № 6. — С. 22—25.
6. **Основы** автоматического регулирования и управления [Текст] / Л. И. Каргу и др.; под ред. В. М. Пономарева, А. П. Литвинова. — М.: Высш. шк., 1974. — 439 с.

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

Управление конкурентоспособностью машиностроительного предприятия

Разработана трехступенчатая модель управления уровнем конкурентоспособности предприятия. Оцениваемое предприятие сравнивается с конкурентами по таким показателям, как коэффициент конкурентоспособности товаров, конкурентный потенциал и коэффициент конкурентоспособности. Приведен пример практического применения предлагаемой модели.

Ключевые слова: *конкурентоспособность предприятия, модель, товар, цена, конкурентный потенциал, конкурент, превосходство, жизненный цикл, конкурентное преимущество.*

С усилением конкуренции на рынке, усложнением механизмов взаимодействия хозяйствующих субъектов повышается актуальность разработки и применения современных адаптивных систем управления предприятиями. Факторы внутренней и внешней среды предприятия характеризуются многочисленностью (рис. 1) и высоким динамизмом, что отражается на его конкурентоспособности. К сожалению, в настоящее время разнообразие методологических подходов к определению понятия "конкурентоспособность предприятия" не позволяет установить сущность этого понятия, состав его смыслообразующих элементов, которые необходимы для разработки методов оценки конкурентоспособности предприятия и принятия управленческих решений по моделированию ее уровня. Разное понимание одного и того же явления субъектами рынка при совместной их деятельности может препятствовать согласованным действиям. В настоящее время отсутствуют общепринятые удовлетворяющие всех субъектов рынка методы оценки конкурентоспособности не только предприятий, но и других объектов (товаров, услуг, отраслей, регионов, стран). Оценка конкурентоспособности — субъективный процесс, и что понимает под этой категорией лицо, принимающее решение, какой при этом изберет метод оценки ее уровня, такой и может быть получен результат. При сегодняшнем состоянии в области оценки конкурентоспособности разных объектов исследователями могут быть получены абсолютно противоположные результаты по одним и тем же объектам. Это объясняется тем, что конкуренция и все что связано с ней для хозяйствующих субъектов в России сравнительно новое малоизученное понятие, поэтому проявляются следствия "болезни роста", что вполне объективно. В советское время конкуренция была подавлена планом, экономика была лишена одной из самых мощных созидательных сил природы. В России назрела острая необходимость развития конкуренции, совершенствования методов оценки и управления конкурентоспособностью различных объектов. Трудно управлять тем объектом, сущность которого не выявлена, поэтому необходимо внести ясность в данной области.

Конкурентоспособность предприятия ярко проявляется в следующих четырех признаках: 1) потребители довольны товарами и готовы купить повторно продукцию фирмы (потребители возвращаются, а товары нет); 2) общество, партнеры, государственные и социальные институты не имеют претензий к фирме; 3) акционеры довольны положением дел на фирме, величиной дивидендов; 4) ра-

Рис. 1. Факторы, влияющие на конкурентоспособность предприятия

ботники довольны своим положением и гордятся своим участием в деятельности фирмы, а посторонние считают за честь трудиться в этой фирме.

Для того чтобы стать конкурентоспособным, предприятию необходимо:

— обеспечить конкурентоспособность выпускаемой продукции в целевых сегментах рынка;

— повысить конкурентный потенциал предприятия до уровня лучших производителей отрасли. Этот показатель характеризует способность предприятия в настоящем и будущем разрабатывать, изготовлять, сбывать и обслуживать товары, превосходящие по качеству и цене аналоги. Высокий конкурентный потенциал — залог преуспевания организации в будущем. Успех на рынке товаров сегодня не гарантирует предприятию успех в будущем, так как конкурентоспособность — показатель динамичный, поэтому она должна исследоваться применительно к конкретному моменту времени с учетом изменений рыночной конъюнктуры.

С учетом приведенных выше замечаний предлагается следующее определение: конкурентоспособность предприятия — это оцененное субъектами внешней среды его превосходство на выбранных сегментах рынка над конкурентами в данный момент времени, достигнутое без ущерба окружающим, определяемое конкурентоспособностью его конкретных

товаров и уровнем конкурентного потенциала, характеризующего способность в настоящем и будущем разрабатывать, изготовлять, сбывать и обслуживать товары (услуги), превосходящие по критерию цена/качество аналогов.

Данная формулировка термина "конкурентоспособность предприятия", предложенная автором, в отличие от известных определений, имеет управленческую направленность; устанавливает взаимосвязь этого понятия и его содержательных элементов с другими категориями предметной области; указывает направление при разработке метода оценки уровня конкурентоспособности предприятия; позволяет вести оценку независимо от временных рамок; открывает путь для дальнейших исследований в данном направлении.

Управление конкурентоспособностью предприятия для менеджмента является центральной задачей как в тактическом, так и в стратегическом плане. В настоящее время общепринятой модели управления конкурентоспособностью предприятий нет. Она часто отождествляется с управлением конкурентоспособностью товара, что с методологической точки зрения не совсем верно. Не исключается, например, такой вариант, что у предприятия товар на рынке конкурентоспособный, а в нем запущено конкурсное производство. Это обстоятельство особенно актуально по отношению производителей наукоемкой, высокотехнологичной, технически сложной продукции. Успешный на сегодня товар — это в основном результат вчерашних усилий. Конкурентоспособность прежде всего должна быть ориентирована на будущее.

Цель данной статьи — разработка адаптивной модели управления конкурентоспособностью предприятия. Для разработки эффективной ориентированной на практику модели управления конкурентоспособностью предприятия необходимо сформулировать принципиальные требования, предъявляемые к ней. С учетом основных направлений развития теории менеджмента, маркетинга, управления конкурентоспособностью, квалиметрии, накопленных научно-практических знаний в данной области ниже сформулированы следующие основные принципы управления конкурентоспособностью предприятий.

1. Принцип научной обоснованности — указывает на то, что предлагаемая модель управления конкурентоспособностью должна базироваться на научно-обоснованных положениях в исследуемой области и передовой опыт практики, не противоречить общим экономическим законам, устанавливать объективные связи ее содержательных элементов с другими категориями предметной области.

2. Принцип моделируемости управления — заключается в том, что управление ведется циклически на основе выявления "узких мест", резервов, тенденций и закономерностей в изменении конкурентной позиции предприятия на рынке, сравнения показателей предприятия с аналогичными показателями конкурентов, разработки мероприятий, позволяющих повысить показатели предприятия до уровня конкурентов.

3. Принцип непрерывности управления конкурентоспособностью предприятия — обуславливается динамичностью явлений во внешней и внутренней среде предприятия. Постоянный мониторинг позволяет менеджменту своевременно выявить угрозы, тенденции в развитии рынков, товаров, технологий производства и управления, внести своевременно, избегая потерь, корректировки в процесс управления предприятием.

4. Принцип ориентированности управления на потребителя — вытекает из цели функционирования предприятия в рыночной экономике. В конкурентной экономике благополучие предприятия достигается одним путем — удовлетворение требований потребителей.

5. Принцип комплексности — означает, что управленческие решения должны вырабатываться с учетом всех аспектов внутренней деятельности предприятия и ситуации, складывающейся во внешней среде. Модель управления должна интегрировать рыночные факторы с внутренними показателями жизнедеятельности предприятия.

6. Принцип совершенствования — заключается в возможности постоянного совершенствования модели управления конкурентоспособностью предприятия в зависимости от изменений условий внешней и внутренней среды.

7. Полнота и достоверность информации — необходимый атрибут для успешной реализации любой модели. Соблюдение принципа научности модели управления конкурентоспособностью предприятия во многом зависит от полноты информационного обеспечения процессов управления и требует обширной, разнообразной и достоверной информации.

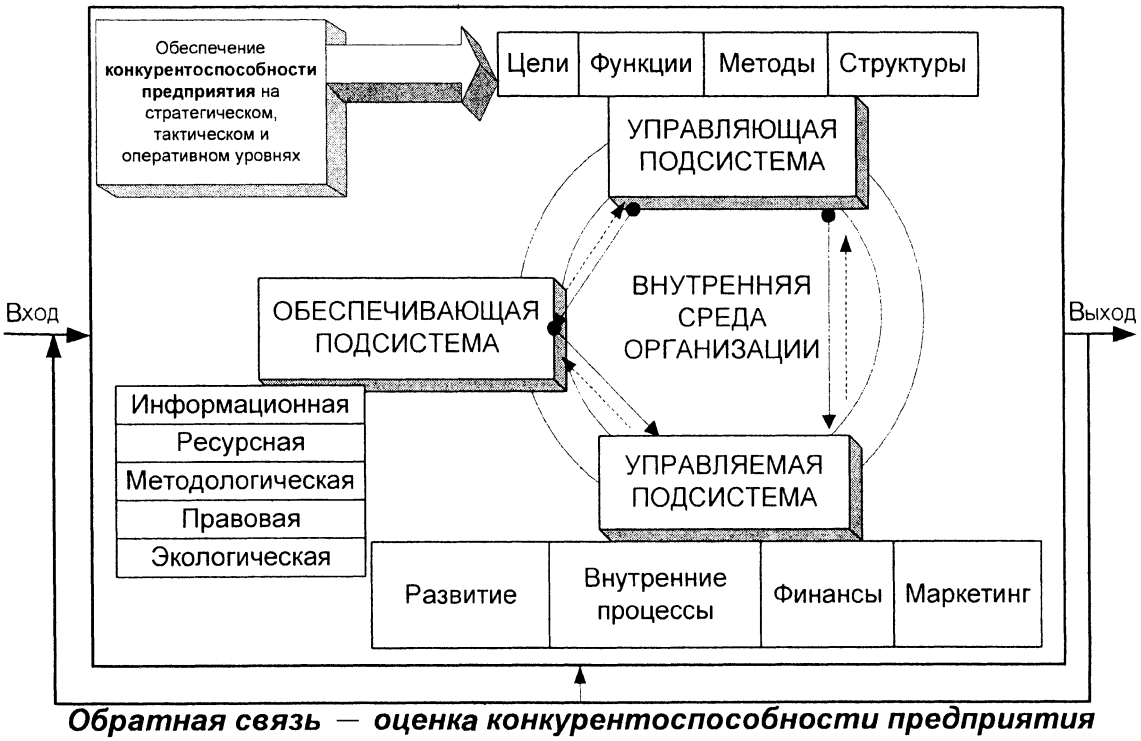


Рис. 2. Система управления конкурентоспособностью предприятия

8. Принцип единообразия — означает, что сравниваемые объекты должны оцениваться по одним и тем же показателям и по одной и той же методике. Соблюдение данного принципа позволит обеспечить сопоставимость результатов индивидуальной оценки конкурирующих предприятий.

9. Принцип правдивости — необходим для того, чтобы избежать принятия ошибочных управленческих решений. "Приукрашивание" отдельных показателей оцениваемого объекта, искусственное занижение показателей конкурентов приводит к искажению конкурентной позиции предприятия, что может привести к принятию неверных управленческих решений.

10. Принцип релевантности — означает, что модель должна соответствовать решаемой проблеме, т. е., применяя ее, можно решать управленческие задачи в области конкурентоспособности предприятия.

11. Принцип диалектичности — подразумевает, что модель управления должна рассматривать изучаемые явления и факторы в развитии.

12. Принцип соблюдения законов квалиметрии. Ключевым элементом в модели управления конкурентоспособности предприятий является оценка ее уровня. Ставится задача количественной оценки качественной категории "конкурентоспособность". Решение данной задачи осуществляется на основе теоретических положений квалиметрии. Результат оценки конкурентоспособности предприятия должен быть получен с соблюдением следующих требований квалиметрии: пригодность, достаточность, уникальность, надежность, квантифицируемость, интегральность, индивидуальность, гибкость, нетрудоемкость, оперативность, улучшаемость, количественность, одинаковость, глобальность, единственность, сравнимость, воспроизводимость, чувствительность, монотонность, точность, динамичность, управляемость, масштабность, экономическая эффективность.

Конкурентоспособность предприятия может быть достигнута непрерывным целенаправленным воздействием управляющей подсистемы предприятия с соблюдением перечисленных выше принципов на бизнес-процессы в направлении формирования и укрепления конкурентных позиций (рис. 2). Целью управления

конкурентоспособностью предприятия является обеспечение конкурентоспособности товара на рынке в настоящем и будущем. Объектом управления в системе управления конкурентоспособностью предприятия являются конкурентные преимущества, которые становятся ключевыми факторами, компетенциями, обеспечивающими предприятию более выгодное в сравнении с конкурентами положение, а также достижение стратегических и тактических целей при рациональном расходе всех видов ресурсов.

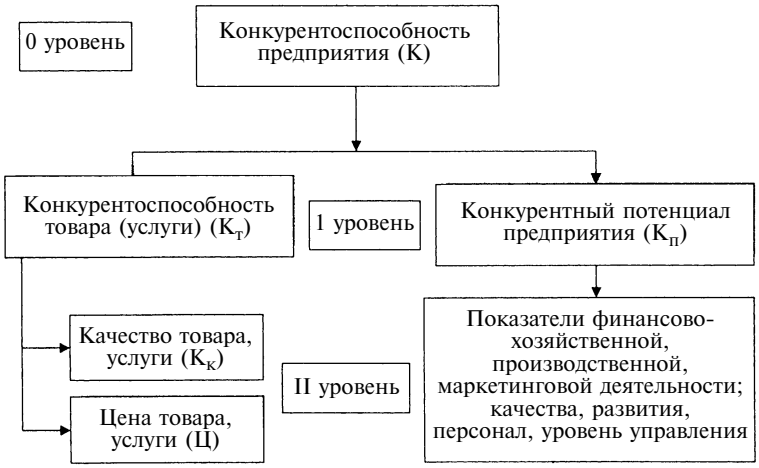


Рис. 3. Элементы, формирующие конкурентоспособность предприятия

Управляющая подсистема включает цели, функции, методы и структуры управления конкурентоспособностью предприятия. Обеспечивающая подсистема, состоящая из информационной, ресурсной, методологической, правовой и экологической компонент, необходима для функционирования внутренней микросреды, и обеспечение ее конкурентоспособности влияет на формирование конкурентоспособности предприятия на "выходе". Управляемая функциональная подсистема, которая состоит из элементов: "развитие", "внутренние процессы", "финансы", "маркетинг" — и представляет собой совокупность объектов воздействия управляющей подсистемы с использованием обеспечивающей подсистемы. Эта подсистема оказывает наибольшее влияние на обеспечение конкурентоспособности предприятия.

Из теории систем известно, что эффективность управления системой в существенной степени зависит от правильного выбора контрольного параметра подсистемы обратной связи, достоверности его измерения, интерпретации и разработки эффективных корректирующих воздействий. В качестве обратной связи в системе управления конкурентоспособностью предприятия предлагается использовать оценку конкурентоспособности предприятия, которая направлена на оперативное выявление отклонений в системе и их локализацию. При выполнении функции обратной связи оценка конкурентоспособности предприятия становится одним из основных организационно-экономических инструментов формирования и обеспечения конкурентоспособности предприятия.

Анализ систем управления конкурентоспособностью, используемых в практике управления предприятия в современных условиях ограниченных ресурсов, выдвигает на первый план разработку теоретических положений и математических моделей, позволяющих своевременно вмешиваться в процесс управления конкурентоспособностью, целенаправленно управлять этим процессом. Конкурентоспособность — сравнительная категория, поэтому она должна быть выражена количественно. Объективное ранжирование объектов сравнения может быть осуществлено лишь на основе результатов измерения.

Как было отмечено в приведенном выше определении, конкурентоспособность предприятия — интегральный показатель конкурентоспособности товара (услуги) и конкурентного потенциала (рис. 3). Конкурентоспособность предприятия предлагается количественно определить по следующей формуле:

$$K = \lambda K_т + (1 - \lambda) K_п, \qquad (1)$$

где $K_т$ — интегральный показатель конкурентоспособности товара; $K_п$ — интегральный показатель конкурентного потенциала организации; λ — коэффициенты предпочтения (ценности) фактора.

Интегральный показатель конкурентоспособности предприятия может меняться в пределах 0—1. Чем ближе значение K к единице, тем выше конкурентоспособность предприятия.

Показатели конкурентоспособности товара ($K_т$) и показатель конкурентного потенциала

предприятия ($K_П$) являются комплексными показателями, зависящими от факторов второго уровня: цена и качество товара; результаты финансово-хозяйственной и производственной деятельности; системы качества, маркетинг, показатели развития, персонал, уровень управления. Каждый показатель второго уровня имеет свою ценность при преобразовании в показатель первого уровня. Показатели первого уровня по-разному значимы для показателя нулевого уровня — интегрального показателя конкурентоспособности организации, следовательно, они должны быть определены с учетом их весомости.

Значение коэффициента предпочтения λ (коэффициента весомости или значимости) зависит от вида товара. Для высокотехнологичных, наукоемких, технически сложных товаров, требующих больших затрат на разработку и освоение производства, рекомендуется принимать λ = 0,3—0,6 (табл. 1). Конкурентный потенциал для производителей сложных товаров очень важен, так как предприятие, которое не способно создавать конкурентоспособные в будущем товары, может оказаться вообще банкротом. В настоящем у него на рынке может быть конкурентоспособный товар, но он "плод" прошлых трудов. При оценке конкурентоспособности предприятия это учитывается путем занижения коэффициента предпочтения до 0,3—0,6. Когда производитель на рынке один и товар у него сверхсложный, например космическая ракета, то λ = 0, т. е. он оценивается только по потенциалу, а товар должен строго соответствовать техническому заданию. В этом случае теряется смысл оценки конкурентоспособности предприятия.

Таблица 1

Рекомендуемые значения коэффициента предпочтений

Характеристика товара	Значение коэффициента предпочтения
1. Дорогостоящий сложный высокотехнологичный, наукоемкий. Требует больших материальных и временных затрат на разработку и освоение производства. Производителей аналогов мало	0,3—0,6
2. Средней сложности. Затраты на разработку и сроки освоения средние	0,6—0,7
3. Простой недорогостоящий. Наукоемкость, технологичность низкие. Трудоемкость разработки небольшая. Разрабатывается и осваивается в течение нескольких месяцев	0,7—1,0

С простыми недорогостоящими товарами ситуация противоположная, поэтому при оценке большое значение придается конкурентоспособности продаваемых в настоящем времени товаров путем повышения λ до 0,7—0,9. Для отдельных товаров λ = 1, т. е. конкурентный потенциал предприятия вообще не учитывается, например для недорогостоящих, с низким уровнем переработки продуктов питания.

Достоверность оценки конкурентоспособности предприятия существенно зависит от правильного определения коэффициента предпочтения λ. В настоящее время объективной методики определения коэффициентов весомости показателей различных объектов, нет. Известные методы, такие как параметрических регрессионных зависимостей, предельных и номинальных значений, эквивалентных соотношений, экспертный, имеют свои области применения и существенные недостатки. Для расчета коэффициентов весомости целесообразно использовать довольно объективный универсальный метод анализа иерархий (МАИ) [1]. Для оценки конкурентоспособности товара и конкурентного потенциала предприятия и интегрирования их в показатель конкурентоспособности предприятия рекомендуется определять весовые коэффициенты методом анализа иерархий, который в отличие от аналогичных методов, учитывает многокритериальность и неопределенность задачи, позволяет осуществлять выбор решения из множества альтернатив различного типа на основании критериев, выражаемых как количественными, так и качественными характеристиками.

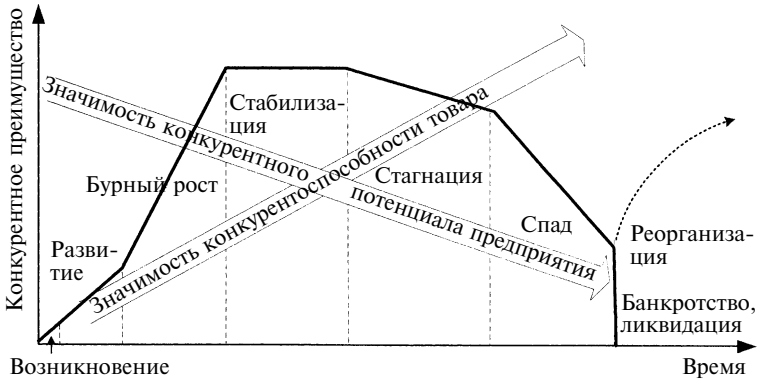


Рис. 4. Зависимость коэффициента предпочтений от стадии жизненного цикла предприятия

Интегральный коэффициент качества $K_к$ товара с учетом коэффициентов весомости будет определяться по соотношению

$$K_к = \sum_{i=1}^{n} P_i X_i, \qquad (2)$$

где P_i — комплексный показатель качества i-й группы; X_i — коэффициент весомости i-й группы показателей качества.

Конкурентоспособность предприятия в существенной степени зависит от того, на каком этапе жизненного цикла находятся предприятие и его товары в момент оценки. По мере развития предприятия значимость конкурентоспособности его товара возрастает, а конкурентного потенциала снижается (рис. 4). У состоявшегося предприятия, как правило, уже создан хороший конкурентный потенциал, и его надо оценивать по тому, как этот потенциал реализуется, т. е. по конкурентоспособности его товаров. У недавно созданных предприятий с точки зрения перспектив при оценке надо большее внимание обращать на показатели конкурентного потенциала. В стадии банкротства и ликвидации предприятия проводить оценку конкурентоспособности предприятия нецелесообразно.

Таблица 2

Коэффициенты значимости на стадиях жизненного цикла предприятия [4]

Стадия жизненного цикла предприятия	Коэффициент значимости показателя конкурентоспособности товара (λ)	Коэффициент значимости показателя конкурентоспособного потенциала (1—λ)
Возникновение	0,1	0,9
Развитие	0,2	0,8
Бурный рост	0,4	0,6
Стабилизация	0,5	0,5
Стагнация	0,6	0,4
Спад	0,75	0,25
Реорганизация	В зависимости от характера реорганизации коэффициенты значимости принимаются в соответствии со стадиями возникновения или развития	
Банкротство, ликвидация	Не рекомендуется проводить оценку конкурентоспособности организации	

По методу анализа иерархий были определены коэффициенты значимости показателей конкурентоспособности товара и конкурентного потенциала машиностроительного предприятия в зависимости от стадии жизненного цикла предприятия (табл. 2). Однако у предлагаемого подхода есть один существенный недостаток — на практике трудно объективно установить этап жизненного цикла предприятия и его конкурентов.

Конкурентоспособность предприятий определяется индивидуально, однако ее уровень при отсутствии объекта для сравнения ценности для управленческой цели не представляет. Она должна сравниваться с показателями конкурентов, полученных по той же методике, т. е. должна параллельно оцениваться конкурентоспособность исследуемого объекта и его конкурентов.

В предлагаемой трехступенчатой модели управления конкурентоспособностью предприятия (рис. 5), реализованы изложенные выше теоретические положения и принципы управления конкурентоспособностью предприятия. Модель позволяет системно решить вопросы управления по этапам, а также учитывает динамику процессов во времени. Конкурентоспособность предприятия оценивается как правило в сравнении с конкурентами. При наличии оценок конкурентоспособности предприятия за ряд интервалов времени можно проследить характер изменений, выявить факторы, влияющие на ее уровень, и управлять конкурентоспособностью предприятия без оценки уровня конкурентоспособности конкурентов.

Трехступенчатая модель предусматривает последовательную сравнительную оценку конкурентоспособности товаров, конкурентный потенциал и конкурентоспособность предприятия.

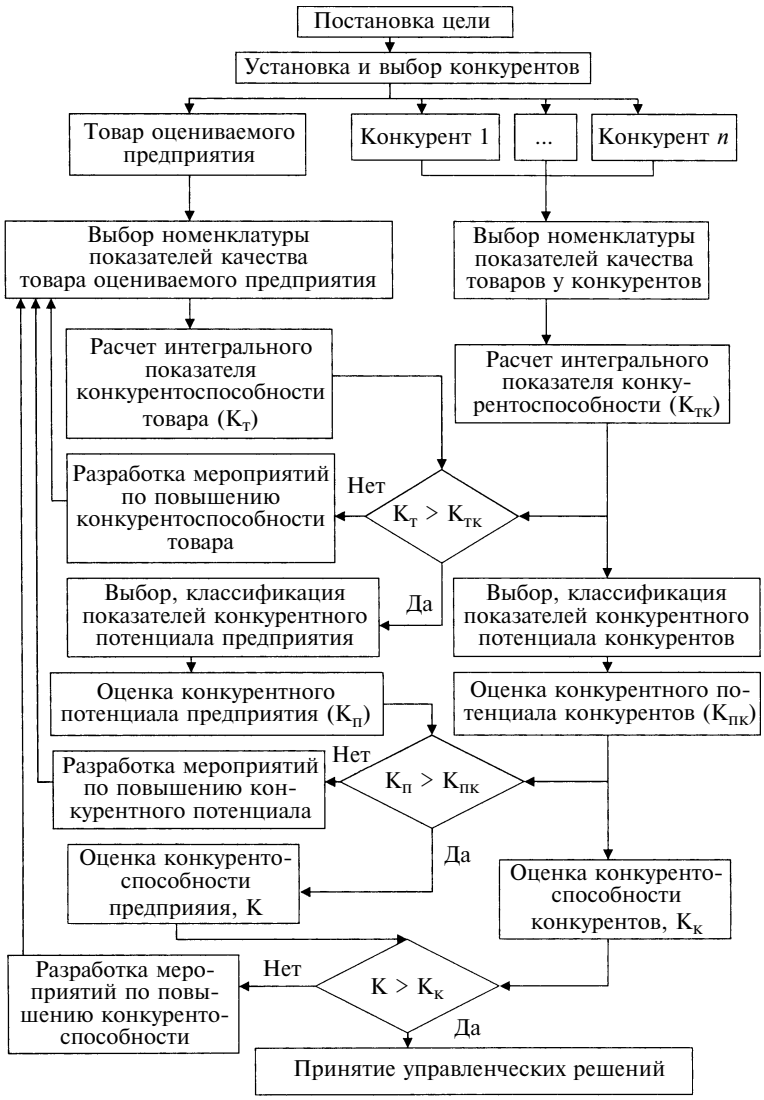


Рис. 5. Модель управления конкурентоспособностью предприятия

После получения результата оценки она сравнивается с оценками конкурентов. Если результат у оцениваемого предприятия хуже, чем у конкурентов, то на каждом этапе принимаются корректирующие мероприятия и цикл повторяется до тех пор, пока не будет достигнут желаемый результат. Такой подход позволяет системно, шаг за шагом добиться лучшей конкурентной позиции предприятия. По результатам третьего этапа сравнения принимается решение реализовать намеченную стратегию и тактику развития либо разработать комплекс мероприятий по повышению конкурентоспособности предприятия, корректировать принятые стратегические и тактические планы, реализовать их и повторить процедуру оценки конкурентоспособности. Данная процедура производится циклически.

Трехступенчатая модель управления конкурентоспособностью предприятия была апробирована на примере ОАО "КАМАЗ" в ходе изучения динамики конкурентоспособности предприятия, т. е. сравнивались результаты одного и того же предприятия за три периода. По результатам такой оценки можно судить о направлении процессов в области конкурентных позиций предприятия, факторах, влияющих на конкурентоспособность, "узкие места" предприятия на конкурентном поле.

Для реализации трехступенчатой модели управления конкурентоспособностью предприятия необходимо в первую очередь определить интегральные показатели конкурентоспособности товара и конкурентного потенциала предприятия (см. рис. 5). Показатель конкурентоспособности товара интегрирует качество товара и его цену (см. рис. 3). Вопрос оценки конкурентоспособности автомобилей подробно рассмотрен в работе [3]. Для единичного товара конкурентоспособность рассчитывается по формуле

$$K_т^{ед} = K_к\alpha_1 + K_ц\alpha_2, \qquad (3)$$

где $K_т^{ед}$ — коэффициент конкурентоспособности единичного товара ($0 \leqslant K_т \leqslant 1$); $K_к$ — коэффициент качества товара ($0 \leqslant K_к \leqslant 1$); $K_ц$ — коэффициент конкурентоспособности товара по цене ($0 \leqslant K_ц \leqslant 1$);

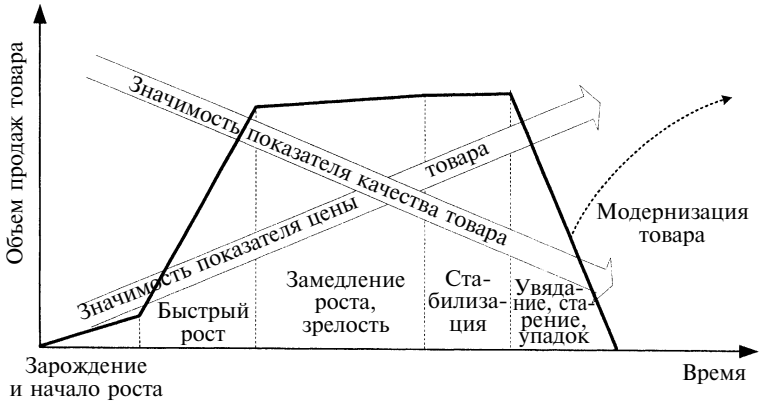


Рис. 6. Зависимость коэффициентов значимости от стадии жизненного цикла товара

Таблица 3

Коэффициенты значимости, рассчитанные методом МАИ

Стадия жизненного цикла	Коэффициент значимости показателя качества товара (α_1)	Коэффициент значимости показателя цены товара (α_2)
Зарождение и начало роста	0,8	0,2
Быстрый рост	0,6	0,4
Замедление роста, зрелость	0,5	0,5
Стабилизация	0,4	0,6
Увядание, старение, упадок	0,2	0,8
Модернизация товара	Коэффициенты значимости выбираются в зависимости от динамики объема продаж: стадия быстрого роста или зрелость	

α_1, α_2 — коэффициенты значимости (ценности) фактора.

Чем выше установленный показатель $K_т^{ед}$, тем выше уровень конкурентоспособности анализируемого товара.

В каждой стадии жизненного цикла товара предприятие имеет различную стратегию в отношении его позиционирования на рынке. Также и потребитель — на различной стадии жизненного цикла товара меняет свои предпочтения в отношении качества и цены товара (рис. 6). Коэффициенты значимости факторов качества и цены при оценке конкурентоспособности товара были рассчитаны по методу МАИ в зависимости от стадии жизненного цикла товара (табл. 3).

Коэффициент качества товара определяется методом "профилей" [2] по формуле

$$K_к = \frac{Y_1/2 + Y_2 + Y_3 + ... + Y_{n-1} + Y_n/2}{n-1}, \quad (4)$$

где Y_1, Y_2, Y_3, ..., Y_n^i — расчетные отношения, определяемые по формулам

$$Y_i = \frac{П_i}{П_{i\max}}; \quad (5)$$

$$Y_i = \frac{П_{i\max} - П_i}{П_{i\max}}, \quad (6)$$

где $П_i$ — величина i-го показателя качества; $П_{i\max}$ — максимальное значение, или условный норматив i-го показателя качества.

Формула (5) используется для тех показателей, увеличение значений которых улучшает качество изделия (прямые показатели). Для тех показателей, при повышении значений которых снижается показатель качества, применяется формула (6).

Коэффициент конкурентоспособности товара по цене рассчитывается по формуле

$$K_ц = \frac{Ц_{\max} - Ц_ф}{Ц_{\max}}, \quad (7)$$

где $Ц_{\max}$ — максимальная цена; $Ц_ф$ — фактическая цена товара.

Коэффициент конкурентоспособности товара по цене отражает отклонение фактической цены товара от максимальной цены аналогичного товара на конкурентном рынке. В качестве максимальной цены, исходя из целей исследования, может быть принята цена конкурента или условный норматив максимально допустимой цены. Если цена исследуемого товара выше цен аналогичных товаров конкурентов, имеющих одинаковую потребительскую ценность, то коэффициент конкурентоспособности товара по цене равен нулю, т. е. товар неконкурентоспособен по цене. Чем больше в меньшую сторону отклонение цены товара от максимальной цены на рынке, тем он предпочтительнее с позиции потребителя.

По формуле (3) оценивается конкурентоспособность единичного товара, т. е. получаем частный интегральный показатель конкурентоспособности товара, что является неприемлемым в условиях широкого ассортимента продукции у предприятия. Ввиду этого предлагается при оценке конкурентоспособности предприятия ввести обобщенный показатель конкурентоспособности

групп товаров, рассчитанный как средневзвешенная величина показателей конкурентоспособности единичного товара по формуле (3). Вес частного показателя конкурентоспособности товара пропорционален удельному весу объема продаж товара в структуре продаж:

$$K_{\text{т}} = \frac{\sum_{i=1}^{n} (K_{\text{т}i}^{\text{ед}} N_{\text{ф}i})}{\sum_{i=1}^{n} N_{\text{ф}i}}, \qquad (8)$$

где $K_{\text{т}i}^{\text{ед}}$ — показатель конкурентоспособности i-го товара; $N_{\text{ф}i}$ — фактический объем реализации продукции, шт.

Для получения объективной оценки конкурентоспособности товара по всему ассортименту выпускаемой продукции достаточно провести оценку основной номенклатуры продукции или базовых моделей. Номенклатуру показателей качества товара для целей ее измерения необходимо выбирать с учетом следующего: анализа требований потребителей; требований обязательных и добровольных к применению нормативно-правовых актов (стандартов, ТУ, правил, инструкций, регламентов и пр.); назначения и условий эксплуатации; задач управления качеством продукции; состава и структуры характеризуемых свойств; возможности определения величин показателей качества.

В табл. 4 представлена номенклатура показателей качества базовых моделей грузовых автомобилей КАМАЗ, используемых в оценке. Их количество и состав могут быть изменены в зависимости от целей анализа.

В табл. 5 представлены результаты оценки конкурентоспособности товара — автомобилей КАМАЗ с учетом стадии жизненного цикла товара (рис. 7).

Конкурентный потенциал предприятия характеризует деятельность предприятия с точки зрения наличия внутренних и внешних конкурентных преимуществ, позволяющих предприятию обеспечивать создание конкурентоспособных товаров как в настоящее время, так и в долгосрочном плане. Конкурентный потенциал предприятия представляет собой взаимосвязь

Таблица 4

Показатели качества грузовых автомобилей КАМАЗ

Показатель качества	Единица измерения	КАМАЗ 53215	КАМАЗ 43118	КАМАЗ 65115	КАМАЗ 6520	КАМАЗ 4308
1. Технико-экслуатационные						
1.1. Грузоподъемность	т	11	12	15	18	6,5
1.2. Мощность двигателя	л. с.	225	245	245	300	154
1.3. Скорость максимальная	км/ч	90	90	80	90	105
1.4. Радиус поворота	м	9,8	11,5	9	9,3	8,5
1.5. Рабочий объем цилиндров	л	10,85	10,85	10,85	11,76	5,9
1.6. Объем топливного бака	л	500	420	250	350	170
...						
2. Нормативно-правовые						
2.1. Наличие антиблокировочной системы	(1/0)	1	1	1	1	1
2.2. Наличие противобуксовочной системы	(1/0)	1	1	1	1	1
2.3. Соответствие нормам Евро-0, Евро-1, Евро-2, Евро-3	(0/1/2/3)	2	2	2	2	2
3. Показатели экономичности						
3.1. Расход топлива при скорости 60 км/ч	л на 100 км	3	4	3	4	2,5
3.2. Стоимость перевозки	руб./(т · км)	1	1	1	1	1
4. Показатели сервиса						
4.1. Удельная трудоемкость технического обслуживания и ремонта	чел.-ч/ 1000 км	8,2	8,2	9,2	9,2	5,2
4.2. Периодичность ТО-2	км	5000	5000	5000	5000	5000
4.3. Гарантийный пробег до капитального ремонта	км	50 000	45 000	50 000	50 000	50 000

Таблица 5

Оценка конкурентоспособности товаров [4]

Показатели, год	КАМАЗ 53215	КАМАЗ 43118	КАМАЗ 65115	КАМАЗ 6520	КАМАЗ 4308
Коэффициент качества товара	0,573	0,516	0,550	0,527	0,620
Коэффициент конкурентоспособности товара по цене					
2004 г.	0,039	0,035	0,034	0,011	—
2005 г.	0,035	0,050	0,063	0,017	—
2006 г.	0,032	0,020	0,061	0,013	—
Коэффициенты ценности факторов					
цена					
2004 г.	0,6	0,4	0,4	0,4	0,2
2005 г.	0,6	0,5	0,4	0,4	0,2
2006 г.	0,8	0,5	0,5	0,4	0,2
качество товара					
2004 г.	0,4	0,6	0,6	0,6	0,8
2005 г.	0,4	0,5	0,6	0,6	0,8
2006 г.	0,2	0,5	0,5	0,6	0,8
Интегральный показатель конкурентоспособности единичного товара					
2004 г.	0,253	0,324	0,344	0,321	0,496
2005 г.	0,250	0,283	0,355	0,323	0,496
2006 г.	0,140	0,268	0,306	0,322	0,496
Структура продаж (коэффициент)					
2004 г.	0,500	0,180	0,300	0,020	0,000
2005 г.	0,477	0,135	0,341	0,041	0,007
2006 г.	0,380	0,142	0,361	0,099	0,019
Комплексный показатель конкурентоспособности товара					
2004 г.			0,294		
2005 г.			0,295		
2006 г.			0,243		

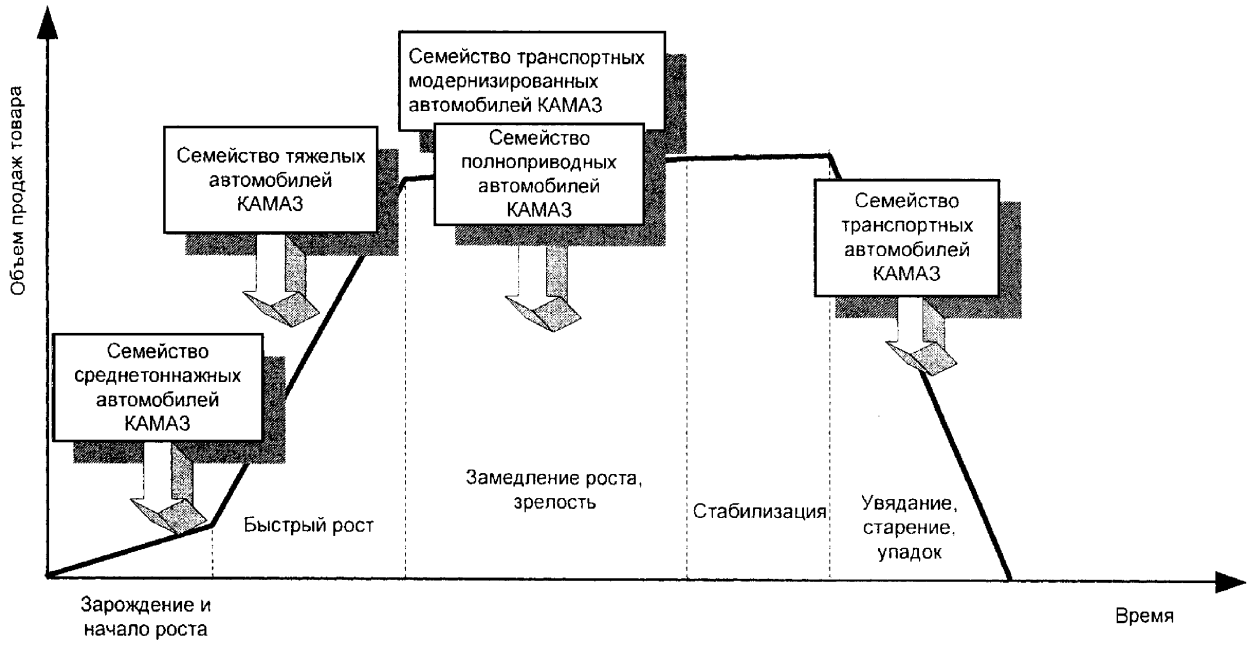


Рис. 7. Стадии жизненного цикла автомобилей КАМАЗ

четырех сторон деятельности предприятия: маркетинг, финансы, внутренние процессы, развитие.

Система оценки конкурентного потенциала предприятия состоит из четырех групп показателей, которые имеют причинно-следственные связи между собой и всесторонне охватывают деятельность предприятия.

1. Маркетинговые показатели, характеризующие рыночную позицию предприятия, в том числе учитывающие имидж предприятия на рынке.

2. Финансовые показатели, отражающие эффективность деятельности предприятия с точки зрения отдачи на вложенный капитал. К данным показателям относятся показатели уровня продаж,

Таблица 6

Показатели оценки конкурентного потенциала ОАО "КАМАЗ"

Показатели	Единица измерения	Условный норматив $П_{i\max}$	2004 г.	2005 г.	2006 г.
1. Маркетинг					
1.1. Доля рынка грузовых автомобилей в России	%	100	28,5	36,3	38,0
1.2. Количество дилеров	ед.	200	35	35	39
1.3. Место в рейтинге "Эксперт-400"	балл	400	31	29	37
1.4. Количество сервисных центров	ед.	200	252	264	275
1.5. Охват регионов России сервисной сетью	%	100	93,3	96,6	100,0
1.6. Охват регионов России дилерской сетью	%	100	33,7	33,7	38,2
1.7. География экспорта	ед.	100	25	39	49
...					
2. Финансы					
2.1. Объем продаж	млн руб.	100 000	23304,8	29326,6	46479,1
2.2. Рост объема продаж	%	100	94,1	125,8	158,5
2.3. Чистая прибыль	млн руб.	10 000	78,7	92,5	208
2.4. Рентабельность продаж	%	20	6,59	4,49	7,53
2.5. Капитализация	млн руб.	1000	278,9	283,3	357,5
2.6. Затраты на 1 руб. продаж	руб.	1,5	0,816	0,852	0,834
2.7. Коэффициент текущей ликвидности		2	0,897	0,803	0,777
2.8. Коэффициент автономии		1	0,724	0,696	0,639
2.9. Коэффициент обеспеченности собственными оборотными средствами		1	–0,643	–0,833	–0,713
...					
3. Внутренние процессы					
3.1. Производительность труда	руб./чел.	1 000 000	435 430	574 470	897 890
3.2. Фондоотдача	руб.	2	0,552	0,681	1,104
3.3. Износ основных средств	%	100	16,43	16,87	18,73
3.4. Загрузка мощностей	%	100	*	*	*
3.5. Уровень рекламаций	%	100	22,38	16,77	11,94
3.6. Материалоемкость продукции	%	100	59,11	59,15	58,19
3.7. Затраты на гарантийный ремонт	%	10	0,15	0,16	0,13
3.8. Сертификация систем качества производств		50	10	11	11
3.9. Уровень автоматизации производства	%	100	*	*	*
4. Развитие					
4.1. Отношение инвестиционных вложений к выручке от продаж	%	10	*	*	*
4.2. Освоения новой продукции		50	*	*	*
4.3. Уровень заработной платы	руб.	15 000	4471	5883	6871
4.4. Коэффициент опережения роста производительности труда над ростом средней заработной платы		20	1,1123	1,0027	1,3382
4.5. Удельный вес работников с высшим образованием	%	50	*	*	*
4.6. Повышение квалификации	%	5	*	*	*
4.7. Коэффициент текучести кадров	%	20	*	*	*
4.8. Средний возраст персонала	число лет	50	*	*	*

Примечание. * — конфиденциальная информация. Значение показателей не представлены в таблице, но использованы в расчетах.

рентабельности, финансовой устойчивости, платежеспособности, деловой активности.

3. Показатели внутренних процессов, характеризующие эффективность организации бизнес-процессов предприятия: технология, производство, системы качества.

4. Показатели развития, характеризующие инновационно-инвестиционные процессы в организации, систему управления персоналом, социальное развитие организации.

Коэффициент конкурентного потенциала организации по каждой группе рассчитывается методом "профилей" [2] по формуле:

$$K_{\text{п}}^{\text{гр}} = \frac{Y_1/2 + Y_2 + Y_3 + \ldots + Y_{n-1} + Y_{\text{п}}/2}{n-1}, \quad (9)$$

где $K_{\text{п}}^{\text{гр}}$ — коэффициент конкурентного потенциала организации по группе ($0 \leqslant K_{\text{п}}^{\text{гр}} \leqslant 1$); Y_1, Y_2, Y_3, ..., Y_n — расчетные отношения, определяемые по формулам (5)—(6).

Интегральный показатель конкурентного потенциала предприятия определяется с использованием метода "профилей" по формуле (4).

В табл. 6 приведены результаты оценки конкурентного потенциала ОАО "КАМАЗ". Динамика изменения групповых и интегрального показателей конкурентного потенциала ОАО "КАМАЗ" представлена на рис. 8.

Конкурентный потенциал группы организаций ОАО "КАМАЗ" за исследуемый период времени повысился на 17 %, т. е. совокупность факторов, влияющих на конкурентоспособность предприятия, имела положительную динамику. Анализ групповых показателей конкурентного потенциала ОАО "КАМАЗ" свидетельствует о положительных изменениях во всех группах, за исключением группы "Развитие". Изменение конкурентной позиции ОАО "КАМАЗ" в системе координат "конкурентоспособность товара" и "конкурентный потенциал предприятия" представлено на рис. 9.

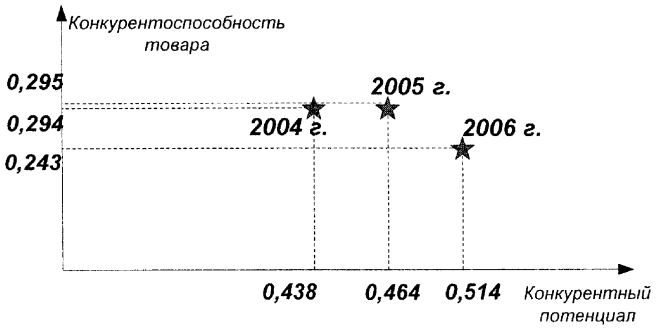


Рис. 9. Изменение конкурентной позиции ОАО "КАМАЗ"

Интегральный показатель конкурентоспособности предприятия с учетом коэффициентов значимости конкурентоспособности товара и конкурентного потенциала предприятия, определенный по формуле (1), имеет следующие значения: 2004 г. — 0,380, 2005 г. — 0,396, 2006 г. — 0,406. Конкурентоспособность ОАО "КАМАЗ" за исследуемый период непрерывно росла.

Вывод

Предлагаемая трехступенчатая модель позволяет оперативно установить конкурентные позиции, выявить проблемные участки, моделировать уровень конкурентоспособности предприятия. Модель универсальна, с небольшими корректировками может быть применена в любой отрасли экономики.

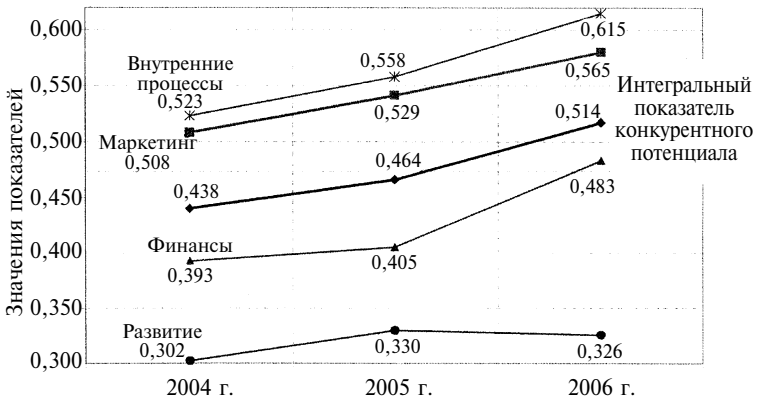


Рис. 8. Динамика показателей конкурентного потенциала ОАО "КАМАЗ"

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Саати, Т.** Принятие решений. Метод анализа иерархий [Текст] / Т. Саати. М.: Радио и связь, 1989.
2. **Фасхиев, Х. А.** Оценка качества и конкурентоспособности комплектующих и запасных частей автомобилей [Текст] / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева, А. Г. Гарифов // Вестник машиностроения. — 2007. — № 7. — С. 65—79.
3. **Фасхиев, Х. А.** Методика оценки качества автомобилей [Текст] / Х. А. Фасхиев, А. В. Крахмалева // Маркетинг в России и за рубежом. — 2005. — № 4. − С. 86—100.
4. **Попова, Е. В.** Комплексная оценка конкурентоспособности машиностроительных предприятий на этапах жизненного цикла (на примере ОАО "КАМАЗ"): автореф. дис. канд. экон. наук [Текст] / Е. В. Попова. Набережные Челны: ИНЭКА, 2006. — 23 с.

УДК 629.114.21-52

М. В. Нагайцев,
канд. техн. наук,
ОАО "АвтоВАЗ";
Д. Н. Винников,
инж.,
ФГУ "21 НИИИ
МО РФ"

Адаптивное управление переключением передач двухзвенной гусеничной машины

Рассмотрены основные принципы адаптивного управления переключением передач для двухзвенной гусеничной машины. Приведены основные результаты его применения в системе автоматического управления переключением передач двухзвенной гусеничной машины.

Ключевые слова: *двухзвенная гусеничная машина, система автоматического управления, гидромеханическая передача.*

Двухзвенные гусеничные машины (ДГМ) относятся к принципиально новому типу быстроходных транспортных машин - сочлененным гусеничным машинам, сочетающим большую грузоподъемность (до 30 т) и грузовместимость с высокими показателями проходимости и маневренности в особо тяжелых дорожно-климатических условиях Севера, Сибири и Дальнего Востока. Полнее и эффективнее других транспортных средств проблемы внедорожного движения решаются с использованием именно плавающих ДГМ [1].

Разработанные в конце 70-х годов, имея высокие показатели подвижности в тяжелых дорожно-климатических условиях, ДГМ в настоящее время не в полной мере отвечают требованиям экономического сектора страны, а именно по средним скоростям их движения в различных условиях.

Одним из путей повышения средней скорости их движения является применение систем автоматического управления (САУ) переключением передач в гидромеханической трансмиссии. Повышение эксплуатационных характеристик отечественных быстроходных однозвенных гусеничных машин (ГМ) при использовании САУ трансмиссией подтверждены экспериментальными исследованиями, выполненными в ряде научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, в том числе и в ФГУ "21 НИИИ Минобороны России". Однако результаты исследований и имеющиеся в настоящее время в серийном производстве САУ ГМП однозвенных ГМ и колесных машин нельзя напрямую применить для ДГМ главным образом из-за особенностей их конструкции (наличие двух активных звеньев, связанных между собой поворотно-сцепным устройством, обеспечивающим поворот машины за счет складывания звеньев, наличием блокируемых межзвеньевых (в ГМП) и межбортовых (в коническом редукторе) дифференциалов) и условий эксплуатации (более 70 % времени данные машины используются в тяжелых дорожных условиях с коэффициентами сопротивления движению 0,35—0,7).

Создание автоматической ГМП для ДГМ практически невозможно без теоретических исследований комплекса "автоматическая система управления—ДГМ—внешняя среда" с использованием математического моделирования рабочих процессов на ЭВМ, которые были проведены в рамках работы 21 НИИИ Минобороны России. Теоретические исследования подтвердили работоспособность автоматической системы с адаптивным управлением переключением передач в ГМП ДГМ. Ниже приведены основные принципы данного управления.

Необходимость переключения передач в САУ ГМП определяется в основном сравнением номера текущей передачи в ГМП с номером передачи, который предписан для текущего сочетания положения органа управления подачей топлива h и скорости движения машины V. В том случае, когда отсутствуют дополнительные ограничения на переключение (задержка по времени, температурные режимы работы ГМП и двигателя и др.) осуществляется переход на предписанную передачу. Область на тяговой характеристике машины, соответствующая перекрытию передач, определяет диапазон передач, в котором возможно движение на любой из двух смежных передач. Положение органа управления подачей топлива однозначно в зависимости от номера включенной пере-

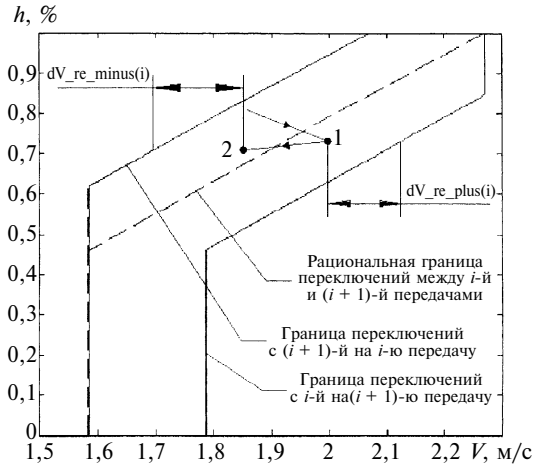


Рис. 1. Изменение границ переключений "верх" и "вниз" передач: *h* — перемещение педали подачи топлива

дачи при известной скорости определяет номер предписанной передачи для обеспечения топливной экономичности, хорошей приемистости и т.д.

Таким образом, принцип адаптивного управления заключается в предотвращении цикличности переключения передач при существенно изменяющихся параметрах h и V (изменение h и V зависит от сопротивления движению) за счет изменения границ смежных передач. Степень изменения границы должна зависеть от степени вариации h и V. Если эти процессы достаточно медленные, то САУ должна вновь возвращаться к исходной рациональной границе.

Кроме того, адаптивность должна заключаться и в том, что изменение адаптивного переключения передач должно быть связано с изменением атмосферного давления в высокогорных условиях, падением мощности силовой установки вследствие износа, применением разного топлива и т. д. Стремление учесть такое значительное количество внешних случайных факторов делает поставленную задачу неразрешимой. Однако известно, что опытный механик-водитель принимает рациональные решения по выбору передач (т. е. по изменению границ предписанных смежных передач) практически по реакции машины и своих собственных действий (переключения передач и изменения h).

Данный принцип был реализован в САУ ГМП следующим образом: при возникновении цикла переключений осуществляется раздвижение границ переключений "вверх" и "вниз". Эта ситуация проиллюстрирована на рис. 1. При движении на i-й передаче ДГМ попадает в область (i + 1)-й передачи, в точке 1 принимается решение о переключении на (i + 1)-ю передачу, затем включается (i + 1)-я передача, точка (h, V) попадает в область i-й передачи. В точке 2 принимается решение о переключении на i-ю передачу, в этот момент фиксируется цикл переключений "$i - (i + 1) - i$"; определяются координаты V точек 1 и 2, с учетом этих координат и значений dV_re_minus(i) и dV_re_plus(i) производится раздвижение границ переключений "вверх" и "вниз", таким образом, идет поиск оптимального выбора включения передач. Заметим, что изначально границы переключений "вверх" и "вниз" не были смещены относительно рациональной границы, т. е. совпадали с ней [2].

Кроме того, при движении ДГМ на высших передачах настройки, сделанные для границ переключений между низшими передачами, не нужны и, наоборот, при движении ДГМ на низших передачах не нужны настройки, сделанные для границ переключений между высшими передачами. Поэтому была реализована процедура "забывания" настроек. При движении ДГМ на i-й передаче граница переключений между ($i - 1$)-й и i-й передачами и граница переключений между i-й и (i + 1)-й передачами остаются неизменными, все остальные границы "забываются", т. е. j-я граница переключений "вниз" смещается вправо на расстояние dV_fgt_minus(j), а j-я граница переключений "вверх" смещается влево на расстояние dV_fgt_plus(j). "Забывание" происходит периодически через заданный интервал времени.

Несмотря на положительные результаты проведенных теоретических исследований, был выявлен ряд недостатков данного адаптивного принципа изменения границ рационально закона переключения передач, основным из которых является наличие нескольких циклов переключений, необходимых для определения значений изменения границ существования смежных передач. Данный адаптивный принцип уменьшает количество нерациональных переключений и цикличность, но не может полностью их исключить, а при значительно меняющихся условиях движения (коэффициенте сопротивления движению), присущих ДГМ, вероятность возникновения цикличности увеличивается.

Для решения данной проблемы был проведен анализ полученной в результате теоретических исследований информации о процессах ДГМ с САУ ГМП в числовом виде. В результате анализа была получена зависимость значений изменения границы рациональной закономерности переключения передач в ГМП от коэффици-

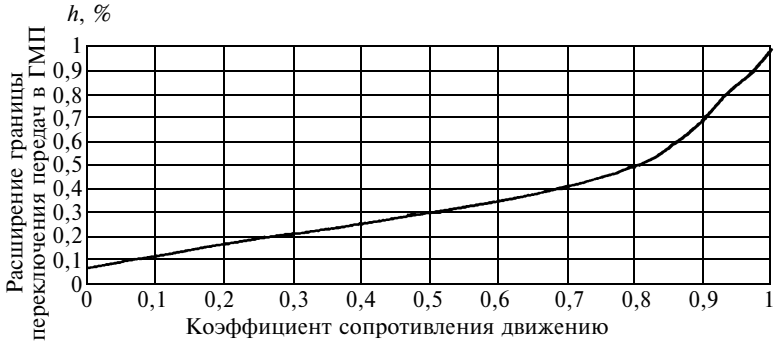


Рис. 2. Зависимость расширения границы переключения передач в ГМП от коэффициента сопротивления движению

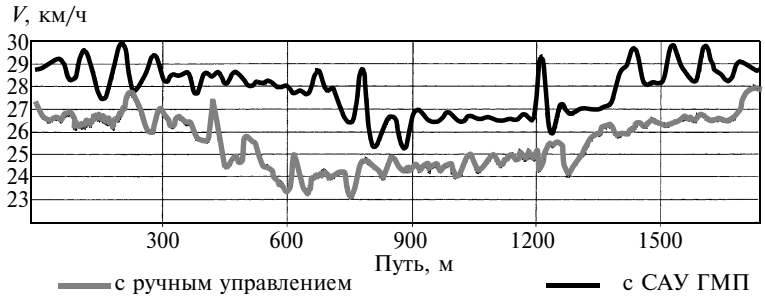


Рис. 3. Изменение скорости движения машины с САУ ГМП и ручным управлением в сопоставимых условиях движения

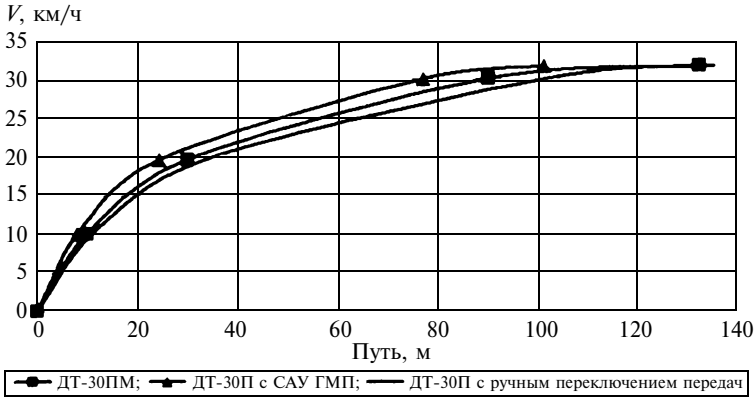


Рис. 4. График разгона в зависимости скорости от пути машины

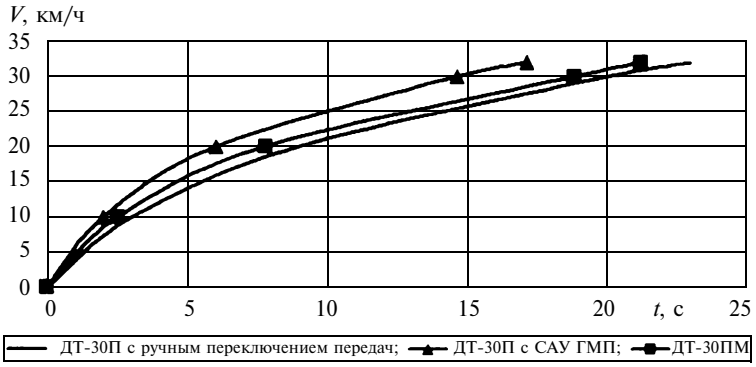


Рис. 5. График разгона в зависимости от времени

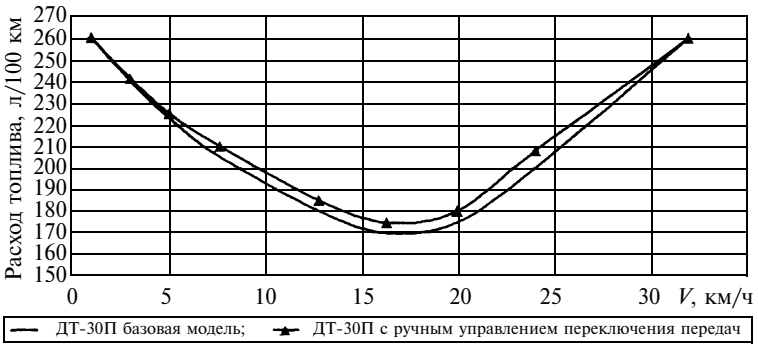


Рис. 6. Зависимость расхода топлива от скорости движения машины

ента сопротивления движению (рис. 2). Таким образом, в зависимости от изменения сопротивления движению автоматически меняются и границы смежных передач в ГМП. Это позволяет для любых дорожных условий, характеризуемых коэффициентом сопротивления движению, иметь наиболее подходящее переключение передач для данных условий движения. Использование этой зависимости в алгоритме управления переключением передач в ГМП ДГМ позволило при экспериментальных исследованиях на натурном образце ДТ-30П с САУ ГМП практически исключить возникновение цикличности в трансмиссии. На рис. 3—6 представлены полученные зависимости при пробеговых испытаниях машины с САУ ГМП и с ручным (командным) управлением переключением передач в сопоставимых условиях движения и базовой модели. Эти результаты свидетельствуют об эффективности применения системы автоматического адаптивного переключения передач в ГМП ДГМ. Средняя скорость увеличилась в среднем на 8—12 % в зависимости от вида дорог, разгонная характеристика улучшилась на 14—15 %, расход топлива сократился на 4—6 %.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Осколков, К. В.** Первые отечественные сочлененные гусеничные машины — двухзвенные транспортеры "Витязь" [Текст] / К. В. Осколков. — Уфа: Слово, 2005. 280 с.
2. **Нагайцев, М. В.** Метод прогнозирования режимов работы ступенчатой коробки передач транспортной машины с системой автоматического переключения: диссертация на соискания ученой степени кандидата технических наук. — М.: МГТУ, 2003. — 265 с.

Contents

2 *Myslivets B. M., engineer, Honorary Mechanical Engineer.* First tram-cars with a low floor-level in our country.
The general requirements and technical proposals, the brief description and the main design features of the first domestic low-floor tram cars (which have a low floor-level).
Keywords: tram car, low-floor, design (construction, structure).

6 *Truck* KAMAZ 5360, 53605, 5460, 6460, 6520, 65201 (Continuation)

13 *Faskhiev Kh. A., Doctor of Technical sciences, Karelin D. L., candidat of Technical sciences.* Adaptive hydropneumatic support of the power unit.
The design of an adaptive hydropneumatic support of the power unit which allows to lower vibration and car noise is offered. On an offered design the patent is taken out.
Keywords: vibration, noise, a hydropneumatic support, the power unit, a membrane, pressure, fluctuation.

16 S*hibakov V. G., Doctor of Engineering, Karabzev V. C., Principal Specialist, Valeev I. D., design engineer.* The optimization of design parameters of the vehicle with the use of computer simulation.
The most perspective ways of the practical tasks of the engineering and debugging of the vehicle equipment proved out to be intensively developing, with the raise of design specifications of the calculating equipment, the methods of mathematical simulation.
Keywords: virtual testing, mathematical simulation, dynamic process, parameters.

20 *Menshikov M. V., deputy chief department of the power-plant FSL.* Application additions for engine oil.
Possibilities of improving quality and lubrication property of engine oil in case of explotation by introducing of different additions are considered in this article. Several types of oil additive which are used in production of engine oil are listed in it. The classification of additions to engine oil and the mechanism of their influence on different pairs of friction is described.
Keywords: quality and lubrication property of engine oil, oil additive, additions, classification of additions to engine oil.

26 *Hursky N. N., Doctor of philosophy, Zakharik An. M., Doctor of philosophy, Zakharik Al. M., Doctor of philosophy, El Auby A. Kader Karami.* Modeling tractive and brake mode of wheel machines
In article are considered questions of modeling tractive and brake mode of moving wheel machines in given road condition. Mathematical model of onward rectilinear moving the wheel machine will presented. Broughted results of modeling of runaway and brakings two axis wheel machine when moving on given casual microprofile roads.
Keywords: accounting scheme, braking, diagram, district moment, engine, factor of slide, factor of traction, modeling, normal power, reaction, speedup, tangential power, transmission, wheel.

31 *Kozlowski V. N., Maleev R. A., Candidates of technical sciences.* ABC analysis in motivation of choice of main reliability elements of electroequipping a passenger car
Keywords: quality; reliability; ABC analysis; electroequipment.

34 *Zakharik J. M., Doctor of science, Zakharik An. M. Doctor of philosophy, Zakharik Al. M., Doctor of philosophy.* Modelling of work of a control system high-speed mode of car SCVMA.
Functions of developed system are considered. Mathematical model is described, allowing to simulate work of automatic system. Classification of automatic systems — analogues is resulted.
Keywords: car, contour, error, function of predicate, method, mode, modelling, program, regulator, speed, system.

40 *Faskhiev Kh. A., Doctor of technical sciences, professor.* The case competitiveness of machine-building enterprise frame.
Is developed three-stage case the level of competitiveness of enterprise frame. The estimated enterprise is compared to the competitors on such indexes, as a coefficient of competitiveness of commodities, competition potential and coefficient of competitiveness. The example of practical application of the offered model is resulted.
Keywords: competitiveness of enterprise, model, commodity, price, competition potential, competitor, superiority, life cycle, competitive edge.

53 *Nagaicev M. V., Candidate of technics, "АвтоВАЗ" company, Vinnikov D. N., Engineer "21 НИИИ МО РФ" Federal State Institution.* Adaptive algorithm of two-section truck's gear shifting
Article includes analysis of basic principles by which adaptive algorithm of two-section truck's gear shifting works. Given main results of the algorithm application for two-section truck's gear shifting automatic control system.
Keywords: two-section truck, automatic control system, hydromechanical transmission

Художественный редактор *Т. Н. Галицына.* Технический редактор *Е. М. Патрушева*. Корректор *Е. В. Комиссарова.*
Сдано в набор 20.04.2009. Подписано в печать 23.05.2009. Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 7,84. Уч.-изд. л. 7,91. Заказ 439.
Отпечатано в ООО "Подольская Периодика", 142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15