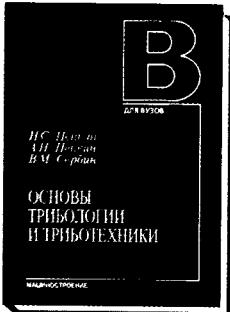


ISSN 0005-2337

# Автомобильная промышленность

№ 4 • 2009





## ОСНОВЫ ТРИБОЛОГИИ И ТРИБОТЕХНИКИ: учебное пособие. Н.С. Пенкин, А.Н. Пенкин, В.М. Сербин

2008. – 206 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03437-6 Цена 264 р. с НДС

В учебном пособии, в соответствии с программой дисциплины «Основы трибологии», разработанной специалистами Ассоциации инженеров-трибологов России, изложены основные положения контактного взаимодействия твердых тел, свойства и топография их поверхностей, природа и виды внешнего трения, влияние различных факторов на трение. Описаны различные виды изнашивания, роль смазки, температуры, фрикционности и антифрикционности материалов для деталей сопряжений, основные способы повышения износостойкости материалов и деталей машин. Приведены расчетные

методы оценки интенсивности изнашивания наиболее часто встречающихся трибосопряжений. Рассматриваются основные положения моделирования трибологических процессов, методы испытания на трение и изнашивание, а также роль трибологии в решении социально-экономических проблем, обусловленных трибологическими источниками: потери от недовыпуска продукции, потери всех видов ресурсов, ухудшение экологичности, энергетической эффективности различных видов транспорта и др.

Пособие рассчитано на студентов технических специальностей, изучающих эту дисциплину или ее разделы в других дисциплинах, аспирантов, научных и инженерно-технических специалистов в области трения, износа и смазки в машинах.



## КОНСТРУИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ

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

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

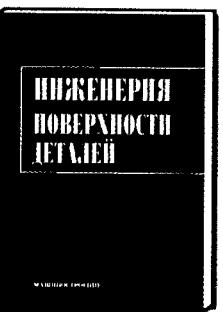
2008. – 495 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03409-3

Цена 660 р. с НДС

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

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

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



## ИНЖЕНЕРИЯ ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ

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

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

Цена 550 р. с НДС

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

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

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

Приобрести книгу можно в издательстве "Машиностроение", прислав заявку по факсу: (499) 269-48-97; по почте: 107076, Москва, Стромынский пер. 4, ООО "Издательство Машиностроение";

по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru).

Справки по тел. (499) 269-66-00. <http://www.mashin.ru>

Вологодская областная универсальная научная библиотека

[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ  
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ  
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва "Машиностроение"

УЧРЕДИТЕЛИ:

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ

И НАУКИ

РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,

ОАО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ"

# АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 4 • апрель • 2009



## ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 629.113/.115

### "КАЙДЗЕН" КАК ИНСТРУМЕНТ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНКУРЕНТОСПОСОБНОСТИ АВТОМОБИЛЬНОЙ ФИРМЫ

Канд. экон. наук М.А. ШУШКИН

Нижегородский ГАСУ

Глобализация рынков значительно подорвала конкурентоспособность российского автомобилестроения. Свидетельство тому — статистика продаж. Например, в 2007 г. на нашем рынке отечественных автомобилей было продано на 4,4 % меньше, чем в 2006 г. И эта неутешительная для российских автозаводов тенденция по мере роста уровня доходов населения, по всей видимости, будет только усиливаться: потребитель отдает предпочтение иномаркам как российской, так и зарубежной сборки.

Чтобы преодолеть данную тенденцию, нашим производителям нужно использовать не просто более эффективные, а самые эффективные методики менеджмента. И прежде всего методики, основанные на японской практике управления производством в автомобильном секторе.

Судя по фактам последних лет, такой вывод сделали для себя многие российские автомобилестроительные фирмы. В частности, группа ГАЗ, которой благодаря внедрению некоторых элементов японского опыта удалось значительно поднять качество сходящих с конвейеров легковых, грузовых автомобилей малого класса и автобусов ПАЗ. Правда, японские менеджеры скептически относятся к возможности применения их производственных принципов на российских предприятиях. Они считают, что для коренного изменения положения нужны не отдельные инструменты из практики японского управления производством, а вся их система. Тем более что хотя одним из таких инс-

трументов на ГАЗе и считают так называемый кайдзен, но понимают его лишь как "непрерывное совершенствование производства на основе внесения рационализаторских предложений". В японской же практике менеджмента "кайдзен" рассматривается значительно шире — в качестве методологического подхода обеспечения конкурентоспособности продукции и предприятия в целом на основе непрерывного совершенствования, в котором участвуют все его менеджеры и служащие. Что позволяет большинству фирм эффективно адаптироваться к таким изменениям внешней среды, как повышение цен на сырье, энергию и труд; наличие излишков производственных мощностей; конкуренция между фирмами на насыщенных рынках; ценностные ориентации потребителей на качество.

Такая конкурентоспособность продукции и самих предприятий многими исследователями объясняется использованием в практике японского менеджмента "кайдзен"-мышления. Причем "кайдзен" рассматривается ими не как отдельный инструмент производственного менеджмента, а именно как подход, объединяющий в себе такие известные инструменты, как ориентация на потребителя, всеобщий контроль качества, роботизация, кружки качества, система предложений, автоматизация, дисциплина на рабочем месте, всеобщий уход за оборудованием, повышение качества, "канбан", "точно вовремя", нуль дефектов, работа малых групп, сотрудничество между менеджерами и рабочими, повышение производительности, разработка новой продукции.

Исследователь практики японского менеджмента Масааки Имаи подчеркивает, что восточная ориентация на "кайдзен" и западная — на инновации имеют принципиальные отличия. "Кайдзен" — непрерывные небольшие усовершенствования в ходе текущей работы, не меняющие статус-кво, а инновации — коренное преобразование, которое изменяет статус-кво и осуществляется в результате крупных инвестиций в но-

©ISSN 0005-2337. ООО "Издательство Машиностроение", "Автомобильная промышленность", 2009 г.

Вологодская областная научная библиотека им. И.В. Барушкина

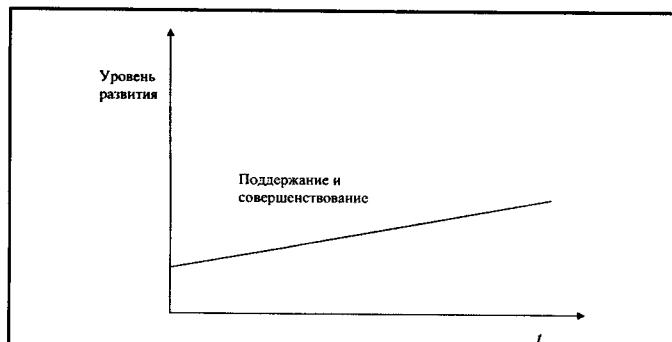


Рис. 1



Рис. 2

вую технологию или оборудование. Есть между ними и другие принципиальные отличия (см. таблицу).

Так, традиционный инновационный менеджмент с целью обеспечения конкурентоспособности требует крупных капиталовложений, принципиального изменения технологии, изобретений и новых товаров, которые оцениваются на основе экономического эффекта. За инновации отвечает менеджмент высшего уровня. "Кайдзен" же подразумевает постепенное совершенствование традиционной технологии без привлечения значительных усилий и характеризует сам процесс и

стремление получить более высокие результаты. Считается, что "кайдзен" более эффективен при медленном развитии экономики. В него, в отличие от инноваций, вовлечены служащие всех уровней управления, при нем поощряется коллективизм и групповая работа.

Таким образом, "кайдзен" базируется на поддержании и совершенствовании. Причем под поддержанием понимается соблюдение стандартов, установленных менеджером, на основе обучения и дисциплины. Уровень развития производственной системы при этом носят медленный, долгосрочный и устойчивый характер.

Все перечисленное хорошо иллюстрируют рис. 1 и 2, на которых приведены модели развития при "кайдзен" и инновациях.

Как видим, вторая модель подразумевает скачкообразное изменение, после которого производственная система определенный период времени находится в стагнации. Затем обычно наступает ее кризис (деградация), который связан с моральным и физическим износом оборудования, устареванием технологии, отсутствием инициативы сотрудников и т. д. Для выхода из него менеджмент принимает решения о следующем капиталовложении в инновации, и цикл повторяется.

Несмотря на то что инновации могут принципиально изменить эффективность системы и уровень достижимых показателей, их эффект будет снижаться, если не заниматься постоянным пересмотром и совершенствованием нового стандарта. Следовательно, любая инновация должна быть подкреплена "кайдзен", чтобы поддерживать достигнутый уровень и продолжать совершенствование. Эта идея и заложена в модель "инновации плюс кайдзен" (рис. 3). При ее реализации "кайдзен" позволяет за счет поддержания и совершенствования не только избежать стагнации и деградации системы в период между инновациями, но и обеспечивает устойчивый прирост эффективности, что предопределяет желательный уровень конкурентоспособности большинства японских корпораций.

Параметр	Система	
	"кайдзен"	"инновации"
Эффект	Долгосрочный, устойчивый, не бросающийся в глаза	Краткосрочный, но впечатляющий
Темп	Малые шаги	Большие шаги
Временной интервал	Постоянные пошаговые приращения	Периодически, скачкообразно
Изменения	Постоянные и непрерывные	Резкие, преходящего характера
Участники	Все	Группа избранных
Подход	Коллективизм, групповая работа, системный подход	Ярко выраженный индивидуализм, личные идеи и усилия
Образ действия	Поддержание и совершенствование	Революционный (коренные изменения)
Движущая сила	Традиционная технология и рядовой современный технический уровень	Новые изобретения, технологии и теории
Практические требования	Не требуют больших усилий и ресурсов	Требуются крупные капиталовложения
Ориентация	На людей	На технологию
Критерии оценки	Оценивается процесс и стремление получить более высокие результаты	Прибыль
Благоприятные условия	Хорошо работает при медленном развитии экономики	Эффективны при стремительно развивающейся экономике

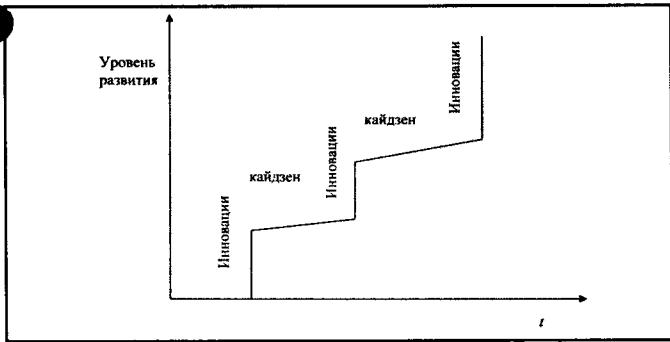


Рис. 3

Выше уже упоминалось, что на предприятиях группы ГАЗ "кайдзен"-мышление носит фрагментарный характер. Однако даже при этом можно уже говорить об определенных успехах в повышении эффективности их производственных систем. Иначе бы в период 2003—2005 гг. система "кайдзен" не начала бы действовать на всех предприятиях ГАЗа, а затем и на всех автомобилестроительных предприятиях группы "Базовый элемент", (ПАЗ, ЛиАЗ, "Автодизель"; УралАЗ и др.).

Данную систему, по аналогии с производственной системой Тойоты, назвали производственной системой ГАЗа. Ее философия включает в себя четыре принципа: "люди — наш самый ценный актив", "все внимание на производственную площадку", "непрерывное ежедневное совершенствование" и "думай о заказчике".

По словам менеджеров автозавода, с помощью новой философии они смогли увеличить сборку грузовых автомобилей с 450 до 660 ед. в сутки, при этом уменьшив число дефектов более чем в 10 раз. Снижение потерь от внутреннего брака и сокращение расходов на выполнение гарантийного ремонта позволило поднять заработную плату персоналу. В частности, на конец 2007 г. у рабочих она составила 13,5 тыс. руб.

Для внедрения этой производственной системы весь руководящий состав, от высшего эшелона до низового звена, прошел обучение методам работы по-новому с последующей проверкой знаний и аттестацией. Была развернута мощная пропагандистская компания через корпоративные СМИ. На сборочных конвейерах организовали эталонные участки, на которых отрабатывались приемы работы по японской методике, систему мотивации персонала поставили в прямую зависимость от качества работы.

В последнее время можно говорить и об инновационном развитии ГАЗа. Для этого холдинг приобрел производителя легких коммерческих грузовых автомобилей "Максус" — автозавод LDV в Бирмингеме (Великобритания). Используемые там технологии планируется распространить на все производственные подразделения ГАЗа. Для развития легкового модельного ряда приобретена производственная линия "Крайслер", дизельного производства — лyonский завод тяжелых дизелей. В результате ГАЗ получил полный пакет прав на дизель "Рено", включая его производство и доработку. Такая политика, по мнению руководителей холдинга, позволяет осуществлять инновационную стратегию в более короткие сроки при вдвое меньших затратах.

Таким образом, сейчас можно говорить о внедрении на ГАЗе не только элементов концепции "кайдзен", но и элементов концепции "инновации". И есть все основания надеяться, что эти и другие мероприятия позволят ему, а также тем отечественным автомобилестроителям, которые примут эту концепцию, обеспечить конкурентоспособный уровень в условиях "долгожданного" вступления России в ВТО и сохранить еще оставшиеся позиции на динамично развивающемся автомобильном рынке.

УДК 656

## ОЦЕНКА НЕРАВНОМЕРНОСТИ СПРОСА НА ГРУЗОВЫЕ ПЕРЕВОЗКИ В УСЛОВИЯХ РЫНОЧНЫХ ОТНОШЕНИЙ

Канд. техн. наук О.Ю. СМИРНОВА

ТюмГНГУ

Для эффективного функционирования перевозчика в условиях рынка ему необходимо учитывать специфичность транспортной услуги, знать предстоящие размеры спроса на перевозку грузов по объему, направлениям и структуре, а также уровень рыночных цен на такие услуги и существующее предложение на местном рынке.

В частности, следует всегда помнить, что спрос на услуги грузового транспорта практически полностью зависит от объемов промышленного производства, его отраслевой структуры и размещения производителей и потребителей промышленной продукции. И все эти

факторы подвержены колебаниям, устраниить которые перевозчик не может, а учитывать — обязан, если хочет развивать свой бизнес.

Но для такого учета ему нужен инструмент, позволяющий количественно оценивать эту неравномерность. Причем не только на данный конкретный момент времени, но, что еще более важно, на перспективу. И такие инструменты создаются. Например, немецкий ученый Г. Поттгоффом в 1962 г. предложил использовать коэффициент  $\varphi$ , "пика-фактор", который подсчитывается по формуле  $\varphi = \frac{x_{\max}}{\bar{x}}$  и представляет собой отношение максимального грузопотока  $x_{\max}$  к среднему  $\bar{x}$  его значению за определенный промежуток времени (чаще всего — за календарный год). Но он является, по своей сути, индексом сезонности перевозок, так как не учитывает длительность и интенсивность переменного характера спроса на перевозки грузов, обусловленные другими факторами — территориаль-

ным разрывом между потребителем и производителем товара, конкуренцией на рынке транспортных услуг, возможностями конкретного АТП и т. п. Поэтому совершенно очевидно, что для количественной оценки переменного характера спроса на грузовые перевозки необходим универсальный и более удобный для пользования показатель. Попытаемся его обосновать.

Понятие "спрос" на грузовые перевозки, осуществляемые АТП, подразумевает число поступивших заявок на перевозку конкретных грузов. Его измеритель, по аналогии с физическими единицами измерения, должен складываться, по мнению автора, как минимум из трех единиц — транспортируемой массы (объема), транспортного пути (расстояния перевозки) и времени (фактор времени). Следовательно, в качестве измерителя спроса на грузовые перевозки может быть принят показатель "тонно-километры" (фактический грузооборот) на определенный период времени (скажем, месяц). Причем заявленные тонно-километры могут быть выражены как любым положительным числом, так и нулем (при отсутствии заявок на перевозки).

В качестве же формализованной оценки "предложения" грузовых перевозок можно взять величину провозных возможностей перевозчика, выраженную в тех же тонно-километрах. При этом под провозными возможностями понимается объем транспортных услуг, который может обеспечить перевозчик имеющимся парком с рациональными технико-эксплуатационными показателями работы подвижного состава.

Важнейшим условием *предложения* любого конкретного товара или услуги является *цена* на них. Она определяется грузоподъемностью используемого АТС и расстоянием перевозки, т. е. измеряется в тонно-километрах. Причем важную роль играет здесь цена на потребляемые АТП ресурсы, которая в условиях рынка также подвергается колебаниям. Однако на практике ее уровень устанавливается за 1 т · км. Поэтому соотношение спроса, цены и предложения при выполнении междугородных автомобильных перевозок можно достаточно объективно представить, используя опосредованно специализированный показатель "ткм". В частности, оценивать неравномерность спроса *H* как долю потери грузооборота от потенциальной провозной возможности (*ППВ*), т. е. в виде формулы  $H = \frac{ППВ - P_i}{ППВ}$ , где  $P_i$  — уровень спроса или фактический реализуемый грузооборот. Входящий в нее показатель *ППВ*, в 1989 г. предложенный В.А. Гудковым, представляет собой производительность подвижного состава при рациональ-

Лингвистическая оценка неравномерности спроса на грузовые перевозки	Градация шкалы Харрингтона	Интервал значений функции желательности Харрингтона	Интервал балльной оценки по шкале супровости
Катастрофическая	Очень высокая	0,80—1,00	9R—12R
Кризисная	Высокая	0,63—0,90	6R—9R
Критическая	Средняя	0,37—0,63	3R—6R
Угрожающая	Низкая	0,20—0,37	2R—3R
Незначительная	Очень низкая	0,00—0,20	0—2R

ных технико-эксплуатационных показателях его использования.

Как видим, *неравномерность H* представляет собой показатель несоответствия уровня спроса потенциальным провозным возможностям АТП за определенный интервал времени и изменяется от нуля до единицы, где нуль — отсутствие неравномерности, а единица — полное отсутствие спроса.

Интервальные оценки индекса *H* выполняются по специально разработанной балльной шкале (см. таблицу). В ее основу автор положил вербально-числовую шкалу Харрингтона интенсивности критериального свойства и универсальную шкалу супровости условий эксплуатации Л.Г. Резника. При этом индекс *H* неравномерности по балльной шкале изменяется от  $H_{\min} = 0$  до  $H_{\max} = 12R$ .

Таким образом, индекс *H* неравномерности имеет ясный физический смысл, удобен для реальной оценки уровня спроса на грузовые перевозки у разных перевозчиков с учетом их потенциальных провозных возможностей, обеспечивает возможность совместного учета различных по своей природе факторов внешней среды.

#### Литература

- Ильенкова Н.Д. Спрос: анализ и управление. Пособие. / Под ред. И.К. Беляевского. — М.: Финансы и статистика. — 1997. — 160 с.: ил. — ISBN 5-279-01579-2.
- Захаров А.Г. Совершенствование планирования и анализа грузовых перевозок на железнодорожном транспорте. — М.: Транспорт. — 1990. — 239 с.
- Гудков В.А. Совершенствование технологии, организации и управления доставки грузов и пассажиров автомобильным транспортом (теория и практика): Автограф. д-ра техн. наук. 05.22.10. — Волгоград, 1999. — 49 с.
- Резник Л.Г., Ромалис Г.М., Чарков С.Г. Эффективность использования автомобилей в различных условиях эксплуатации. — М.: Транспорт. — 1989. — 128 с. — ISBN 5-277-00504-8.
- Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. — М.: Наука. — 1976.

## ВНИМАНИЕ!

Напоминаем: направлять статьи и вести переписку с редакцией

быстрее и удобнее с помощью электронной почты.

Наш адрес: [avtoprom@mashin.ru](mailto:avtoprom@mashin.ru)



# КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

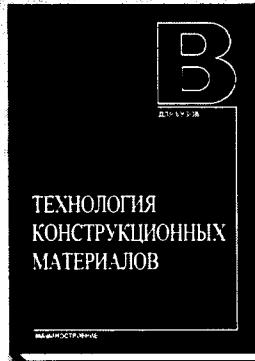
УДК 621.433.01

## ОСОБЕННОСТИ КОНСТРУКТИВНЫХ РЕШЕНИЙ ГАЗОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ, КОНВЕРТИРОВАННЫХ ИЗ ДИЗЕЛЕЙ

Канд. техн. наук В.А. ЛУКШО, Л.Ю. ГРИГОРЬЕВ  
НАМИ

Непрерывное расширение использования природного газа в качестве моторного топлива для автомобильных ДВС идет пока в одном направлении — конвертацией бензиновых двигателей и дизелей в газовые их модификации. (В крайнем случае, примеров создания новых конструкций только в "газовом" исполнении практически нет.) При этом двигатели в диапазоне мощностей до 150 кВт (~200 л. с.), предназначенные для АТС полной массой до 3,5 т, как правило, конвертируются из бензиновых модификаций путем установки на них дополнительной газовой системы питания, т. е. с сохранением возможности их работы на бензине. Двигатели же мощностью 150—200 кВт

(200—270 л. с.) для АТС полной массой свыше 3,5 т создаются конвертацией дизелей, которая сопровождается существенными изменениями их конструкции. Эти изменения, в первую очередь, связаны с необходимостью снижения степени сжатия, установки систем зажигания и питания газовым топливом, а также изъятием из нее дизельной аппаратуры. Поэтому ниже речь пойдет о конвертации именно дизелей. И, говоря о ней, прежде всего нужно отметить, что к настоящему времени в данной области накоплен достаточно большой опыт, который позволяет сформулировать принципы выбора технических решений применительно к конкретным моделям дизелей. И таких принципов, по мнению специалистов НАМИ, пять: модельный ряд газовых модификаций двигателей должен обеспечивать работу всех АТС, на которых сейчас устанавливаются дизели (грузовые автомобили, тягачи автопоездов, городские автобусы, техника для коммунальных и специальных целей), а также работу стационарных силовых установок (электростанций и т. д.); газовые модификации должны быть максимально унифицированными с базовыми дизельными модификациями;



## ТЕХНОЛОГИЯ КОНСТРУКЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ:

учебник для студентов машиностроительных специальностей

А.М. Дальский, Т.М. Барсукова, А.Ф. Вязов и др.

6-е издание 592 с.: ил ISBN 5-217-03311-8

Цена 319 р. с НДС

Рассмотрены современные и перспективные технологические способы производства черных и цветных металлов, изготовление заготовок и деталей машин из металлов и неметаллических материалов: литьем, обработкой давлением, сваркой, резанием и другими способами, а также прогрессивные малоотходные способы изготовления заготовок и деталей из порошковых материалов.

Шестое издание (5-е изд. 2003 г.) исправлено и дополнено новыми материалами по нанотехнологиям, публикаций задачника по всем основным разделам курса с доведением решения задач до числового значения. При этом обеспечивается очень тесная связь методического характера с учебным материалом в его приложении к технологиям. В этом проявляется, в частности, старый мудрый принцип: "Знать — значит уметь!"

Учебник подготовлен коллективом преподавателей МГТУ им. Н.Э. Баумана.

Для студентов машиностроительных специальностей вузов.

Гриф Минобрнауки

Приобрести книгу по цене издателя можно, прислав заявку в отдел продаж, маркетинга и рекламы:

по почте: 107076, г. Москва, Стромынский пер., 4; по факсу: (499) 269-48-97; по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru)

Дополнительную информацию можно получить по телефонам: (499) 269-66-00, 269-52-98 и на сайте [WWW.MASHIN.RU](http://WWW.MASHIN.RU)

разрабатываемые системы управления и комплектующие системы питания должны включать широкую гамму блоков управления, датчиков и исполнительных механизмов, построенных на единой элементной базе и использующих единую систему диагностирования; у разработчиков и будущих производителей должен быть необходимый задел, обеспечивающий решение задачи постановки на производство разработанных изделий в кратчайшие сроки и с минимальными затратами на его организацию; при создании газовых модификаций на базе дизелей действующего модельного ряда нужно обязательно учитывать требования заказчика, в первую очередь — моторных заводов.

Первые четыре из перечисленных принципов очевидны и останавливаются на них необходимости нет. А вот что касается последнего, то оно для российских специалистов сравнительно новое, обусловлено рыночными отношениями в системе "разработчик—производитель—потребитель товара". Поэтому перечислим эти требования.

1. Максимальная мощность газового двигателя должна быть не меньше мощности базового дизеля.

2. Токсичность отработавших газов газовых двигателей, создаваемых на базе серийных дизелей, должна удовлетворять требованиям "Евро-4", а создаваемых на базе дизелей перспективного модельного ряда — "Евро-5".

3. В процессе конвертации базового дизеля в газовую модификацию основные его детали (блок цилиндров, поддон картера, крышки блока цилиндров, газораспределительный механизм, коленчатый вал, шатуны) не должны претерпевать изменений. Допускается лишь доработка, т. е. небольшие их изменения и при условии, что этим изменениям подвергаются детали, находящиеся в серийном производстве, и не сказываясь отрицательно на их прочности и надежности. Например, изменение конструкции головки блока цилиндров должно быть ограничено его дообработкой под установку свечей зажигания на место дизельных форсунок, а также, при необходимости, впускных каналов, но без изменения отливки.

4. На место топливного насоса высокого давления должен быть установлен механизм датчика фазы.

5. Газовый двигатель должен иметь систему зажигания с электронным управлением.

6. Система впрыскивания газа должна быть распределенная, фазированная.

7. В конструкции должны быть предусмотрены специальные устройства, обеспечивающие тепловую подготовку двигателя и газобаллонного оборудования, а также надежный пуск двигателя при температурах до 223 К ( $-50^{\circ}\text{C}$ ).

Но заказчики предъявляют не только требования к газовому двигателю в целом, но и (в последнее время — особенно) к элементам систем его управления. В частности, большинство из них считает, что в блок управления системами питания и зажигания следует включать устройства приема и измерения аналоговых и импульсных сигналов, приема дискретных сигналов от датчиков массового расхода воздуха и его абсолютного давления, кислорода (лямба-зонд), температуры, по-

ложения дроссельной заслонки, давления отработавших газов, детонации, частоты вращения коленчатого вала и положения фазы газораспределения, а также устройства управления исполнительными механизмами (катушками зажигания, газовыми электромагнитными клапанами или форсунками, регулятором добавочного воздуха). И разработчикам, и производителям газовых модификаций дизелей эти требования, как говорится, не обойти.

Конвертация ставит перед ними и некоторые другие проблемы. Например, требует оснащения двигателя газовыми коллектором, отсечным клапаном высокого давления, фильтром и редуктором.

Перечисленные выше принципы и требования сформулированы специалистами НАМИ на основании проводимых ими в течение последних 10 лет работ по конвертации безнаддувных дизелей и дизелей с турбонаддувом, оснащенных камерами горения четырех типов, поршнями с охлаждением и без него при степенях сжатия, изменяемых в пределах от 11,2 до 16,0.

За эти 10 лет идеология конвертации дизелей изменилась трижды.

На первом этапе наиболее заманчивым считался вариант конвертации дизеля без изменения степени сжатия. Поэтому доработка предусматривала замену дизельной форсунки свечой зажигания, установку системы зажигания распределительного типа и системы подачи газа. Все остальное было таким же, как и в случае конвертации бензинового двигателя — газовые баллоны с вентилями, заправочное устройство, механический трехступенчатый регулятор давления, газовый смеситель-эжектор, размещаемый во впускном трубопроводе. Только для исключения детонации устанавливался поздний угол опережения зажигания.

Однако такой подход решал лишь задачу замещения дизельного топлива природным газом. Но исключал возможность получения приемлемой топливной экономичности и удовлетворения перспективных требований по токсичности. Поэтому на следующем этапе конвертация сопровождалась изменением степени сжатия путем дообработки штатных поршней и вводом электронного управления в систему зажигания, а система питания газом осталась эжекторной.

Такие двигатели уже имели приемлемые показатели по топливной экономичности и при использовании двухкомпонентных нейтрализаторов могли в перспективе соответствовать нормам "Евро-2". Однако возникли проблемы с теплоизоляцией. Поскольку при доработке срезался термопрочный слой днища поршней, то поршни стали прогорать. Были отмечены также случаи прогорания выпускных клапанов. Особенно на двигателях с M-процессом. Чтобы их устраниить, провели специальные исследования, объектом которых стали два шестицилиндровых дизеля — рядный зарубежного и V-образный отечественного производства. На этих дизелях проверялась идея снижения степени сжатия. Так, на рядном дизеле она была уменьшена до 11,4 путем установки дополнительной прокладки специальной конструкции между головкой блока цилиндров и блоком цилиндров, а на V-образном — до 11,2 путем установки специально разработанного поршня.

Модернизировали и другие элементы их конструкции. Например, в блоке цилиндров расточили отверстия для форсунок и нарезали в них резьбу для последующего монтажа стаканов-переходников, а в них — свеч зажигания.

Пришлось создать и специальный наконечник свечи. Дело в том, что при работе двигателя на режимах высоких нагрузок стандартные наконечники, применяемые на бензиновых двигателях, просто оплавлялись. Поэтому новый корпус наконечника выполнили из фторопластика. Внутри него, как обычно, расположены контакты, удлинитель и пружина, а снаружи имеется поясок, предотвращающий попадание в стакан загрязняющих частиц.

Для установки газовых форсунок разработана газовая рампа (в виде приставки между головкой блока цилиндров и воздушным коллектором), состоящая из двух частей, каждая из которых работает на три цилиндра дизеля и представляет собой монолитную деталь с внутренней полостью для подвода газа и гнездами для газовых форсунок. На специальном выступе рампы монтируются трубопроводы, по которым газ подается к впускным клапанам двигателя. Кроме того, выступ имеет еще одно функциональное значение: он препятствует движению воздуха, турбулизирует воздушный поток, тем самым положительно влияя на процесс смешивания воздуха и газа.

Модернизация впускного коллектора сводилась к приварке бобышки для крепления рампы и выфрезеровыванию отверстия для прохода трубопровода подвода газа.

Основные выводы, которые были сделаны по результатам экспериментальных исследований, состоят в следующем.

1. При конвертации дизеля в газовый двигатель степень сжатия можно снижать, либо разрабатывая новую конструкцию поршня, либо устанавливая до-

полнительную прокладку между головкой блока и блоком цилиндров. При этом обязательно нужно оптимизировать угол опережения зажигания, вводить физированное впрыскивание газа и масляное охлаждение поршня.

2. Мощностные показатели газового двигателя можно увеличивать, по сравнению с базовым дизелем, на 10—15 %. Однако при этом необходим жесткий контроль теплового состояния и двигателя, и его деталей.

3. Свечи зажигания нужно устанавливать в прямых каналах, обеспечивая хороший теплоотвод от них, а их наконечники изготавливать из специальных изоляционных материалов; калибровочное число свечей должно быть не менее 200, зазор между электродами — 0,4—0,5 мм.

4. Дроссельная заслонка должна быть электронно-управляемой: только она может обеспечить отрицательный, с точки зрения назначения двигателя, характер крутящего момента по скоростной характеристике. И даст возможность коррекции нагрузки в зависимости от внешних факторов.

5. Газовые форсунки следует устанавливать как можно ближе к впускному клапану.

6. Для обеспечения наилучших показателей по топливной экономичности и минимальным выбросам вредных веществ в атмосферу необходимо изменить конструкцию впускного трубопровода таким образом, чтобы снижать неравномерности подачи воздуха по цилиндрам.

7. При использовании эжекторной системы газовый двигатель, полученный из любого дизеля, по уровню токсичности отработавших газов даже при наличии двухкомпонентного нейтрализатора не может быть лучше норм "Евро-2". Нормы же более высокого уровня ("Евро-3", "Евро-4" и т. д.) могут быть выполнены только при распределенной фазированной подаче газа и использовании современных нейтрализаторов.

УДК 621.436

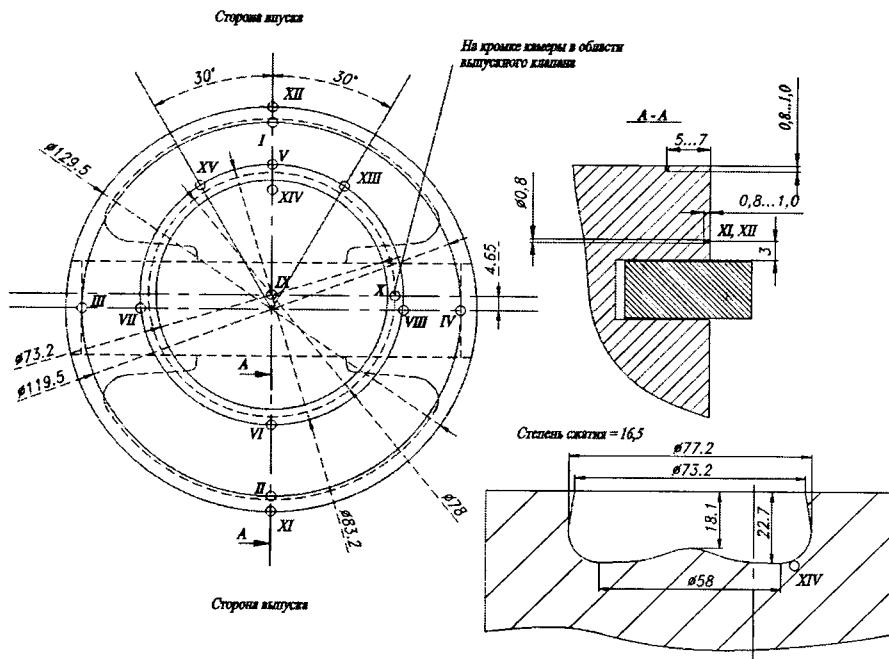
## ТЕПЛОВОЕ СОСТОЯНИЕ ПОРШНЯ ГАЗОЖИДКОСТНОГО ДИЗЕЛЯ И ЕГО ПРОТОТИПА

Канд. техн. наук А.И. ГАЙВОРОНСКИЙ  
ООО "Севморнефтегаз"

В России широкое распространение получило конвертирование дизелей и бензиновых двигателей в газовые и газожидкостные модификации. Причем приходится констатировать, что специализирующиеся на этом организации, как правило, исследованию рабочего процесса и теплового состояния создаваемых образцов уделяют явно недостаточно внимания. Они просто предлагают те или иные способы подачи природного газа и газотопливную аппа-

ратуру без учета возможных последствий для технико-экономических и эксплуатационных показателей конвертированных образцов. В частности, в отечественной и зарубежной литературе практически не приводится каких-либо результатов исследования теплонапряженности цилиндроворшневой группы. Что, понятно, усложняет работу заводских специалистов, а потребителя заставляет подходить к конвертированным двигателям с известной осторожностью. Тем более что статистика показывает: случаи прогорания поршней и клапанных перегородок у газодизелей — не редкость.

Специалисты ООО "Севморнефтегаз", МВТУ имени Н.Э. Баумана и ООО "ВНИИГАЗ" попытались заполнить информационный пробел. Для чего провели экспериментальные исследования дизеля ЯМЗ-236НЕ и его газожидкостной модификации ЯМЗ-236НЕ-ГД, оснащенной центральной системой подачи газа. Их цель довольно проста: определить и сравнить тепловое состояние поршня газодизеля и его дизельного прототипа на двух режимах их работы — номинальном и при максимальном крутящем моменте (значения основных для этих режимов параметров приведены в табл. 1).



Для термометрирования использовали 15 кристаллических измерителей максимальной температуры (ИМТК), разработанных в ИАЭ имени Курчатова РАН и обеспечивающих среднее квадратичное отклонение 2–3 К замеряемой температуры в интервале 473–623 К (200–350 °C). Схема их размещения приведена на рисунке.

Как видим, они были установлены на периферии плоской части днища поршня (позиции I–IV), в районе кромки камеры сгорания (позиции V–VIII, X, XIII–XV), на боковой

поверхности поршня у верхней поршневой канавки (позиции XI–XII), а также в углублении камеры сгорания (позиции IX и XIV).

Полученные в ходе исследований экспериментальные данные приведены в табл. 2 и говорят они о следующем.

На режиме номинальной мощности для газодизельного варианта имеет место ярко выраженная тенденция снижения температур на плоской части днища поршня (температура в точке I для режима  $M_e = 750 \text{ Н} \cdot \text{м}$  и  $n = 206 \text{ мин}^{-1}$  — исключение из

правила). Причем наиболее значительное (на 35–65 К) наблюдается в районе кромки камеры сгорания. На режиме же максимального крутящего момента (т. е. на средних частотах вращения коленчатого вала) температуры на днище поршня уменьшаются примерно равномерно (на 14–22 К) по всей поверхности. Однако на поверхности камеры сгорания в районе центрального выступа это уменьшение составляет, независимо от режимов работы двигателя, всего лишь 5–6 К.

Объяснить данные факты можно следующим.

Над плоской частью днища поршня, очевидно, создаются более благоприятные (по сравнению с дизелем) условия для гомогенизации топливовоздушной смеси за счет того, что при впрыскивании запальной дозы топлива в эту область попадает незначительное его количество в виде капель или пара. В результате свежая смесь состоит, в основном, только из воздуха и природного газа. Несмотря на то что общий коэффициент избытка воздуха в газодизельной модификации несколько меньше, чем в дизельном прототипе ( $\alpha_d = 2,12$ ,  $\alpha_{td} = 1,89$ ), локальные коэффициенты избытка воздуха в периферийных областях камеры сгорания выше и более однородны, чем в случае чисто дизельного способа организации рабочего процесса. Это приводит к тому, что

Таблица 1

Замеряемые параметры	Дизель		Газодизель		Газодизель	
	$N_e = 161,75 \text{ кВт}$	$N_e = 119,77 \text{ кВт}$	$N_e = 161,75 \text{ кВт}$	$N_e = 119,77 \text{ кВт}$	$N_e = 164,88 \text{ кВт}$	$N_e = 119,77 \text{ кВт}$
$n, \text{мин}^{-1}$	2060	1300	2060	1300	2100	1300
$M_e, \text{Н} \cdot \text{м}$	750	880	750	880	750	880
$G_{dt}, \text{кг/ч}$	39,13	26,01	7,4	6,97	7,72	4,22
$G_r, \text{кг/ч}$	—	—	25,5	18,26	23,41	16,1
$G_b, \text{кг/ч}$	1185	558	1030	508	1110	518
$T_1, \text{К} (560)$	833 (560)	881 (608)	788 (515)	853 (580)	773 (500)	824 (551)
$T_2, \text{К} (560)$	853 (580)	908 (635)	803 (530)	858 (585)	798 (525)	842 (569)
$p_k, \text{МПа (кгс/см}^2)$	0,189 (1,89)	0,148 (1,48)	0,185 (1,85)	0,134 (1,34)	0,197 (1,97)	0,135 (1,35)
$p_r, \text{МПа (кгс/см}^2)$	0,198 (1,98)	0,14 (1,40)	0,198 (1,98)	0,13 (1,30)	0,19 (1,90)	0,131 (1,31)
$p_{atm}, \text{Па (мм. рт. ст.)}$	980 (745)					

Примечание.  $N_e$  и  $M_e$  — эффективные мощность и крутящий момент;  $n$  — частота вращения коленчатого вала;  $G_{dt}$  — массовый часовой расход дизельного топлива;  $G_r$  — массовый часовой расход газового топлива (природного газа);  $G_b$  — массовый часовой расход воздуха;  $T_1$  и  $T_2$  — температуры отработавших газов в выпускных коллекторах левого и правого рядов;  $p_k$  — давление наддува;  $p_r$  — давление после турбины;  $p_{atm}$  — давление окружающей среды.

№ дат- чика	Значение температуры, К (°C), на дизеле ЯМЗ-236 НЕ при		Значение температуры, К (°C), на дизеле ЯМЗ-236 НЕ при		Значение температуры, К (°C), на дизеле ЯМЗ-236 НЕ при	
	$N_e = 161,75 \text{ кВт}$ , $M_e = 750 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , $n = 2060 \text{ мин}^{-1}$	$N_e = 119,77 \text{ кВт}$ , $M_e = 880 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , $n = 1300 \text{ мин}^{-1}$	$N_e = 161,75 \text{ кВт}$ , $M_e = 750 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , $n = 2060 \text{ мин}^{-1}$	$N_e = 119,77 \text{ кВт}$ , $M_e = 880 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , $n = 1300 \text{ мин}^{-1}$	$N_e = 161,75 \text{ кВт}$ , $M_e = 750 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , $n = 2060 \text{ мин}^{-1}$	$N_e = 119,77 \text{ кВт}$ , $M_e = 880 \text{ Н} \cdot \text{м}$ , $n = 1300 \text{ мин}^{-1}$
1	524 (251)	530 (257)	526 (253)	512 (239)	538 (265)	508 (235)
2	526 (253)	510 (237)	518 (245)	490 (217)	536 (263)	489 (215)
3	536 (263)	512 (239)	510 (237)	489 (226)	525 (252)	497 (224)
4	551 (278)	523 (250)	534 (261)	512 (239)	542 (269)	509 (236)
5	604 (331)	536 (263)	539 (266)	522 (249)	—	518 (245)
6	565 (292)	526 (253)	531 (258)	504 (231)	550 (277)	503 (230)
7	587 (314)	534 (261)	528 (255)	507 (234)	541 (268)	506 (233)
8	556 (283)	539 (266)	539 (266)	518 (245)	555 (282)	516 (243)
9	499 (226)	494 (221)	500 (227)	488 (215)	497 (224)	489 (216)
10	557 (284)	—	547 (274)	522 (249)	—	519 (246)
11	494 (221)	—	496 (223)	473 (200)	—	475 (202)
12	496 (223)	498 (225)	500 (227)	488 (215)	—	480 (207)
13	—	536 (263)	542 (269)	522 (249)	549 (276)	523 (250)
14	—	499 (226)	503 (230)	477 (204)	513 (240)	478 (205)
15	—	532 (259)	532 (259)	—	—	—

процессы крекинга дизельного топлива с последующим нагарообразованием должны практически полностью отсутствовать.

В части камеры сгорания, расположенной в поршне газодизеля, локализуется фактически все впрыснутое дизельное топливо, и условия смесеобразования близки к тем, которые имеют место в чисто дизельном процессе. Тогда при одних и тех же интегральных показателях обоих двигателей (частота вращения коленчатого вала, крутящий момент и мощность) через поршень в систему охлаждения первого должно отводиться больше теплоты, чем у его прототипа. Что подтверждает существенно (на 45–50 К) меньшая температура отработавших газов газодизеля.

Еще одной причиной уменьшения температуры на днище поршня конвертируемого варианта может быть более растянутая во времени, по сравнению с дизельным прототипом, характеристика тепловыделения.

Из-за снижения температур на днище поршня газодизеля меньше у него и температура по телу поршня, в связи с чем можно ожидать уменьшение термических напряжений и деформаций в его теле как на номи-

нальном режиме работы, так и на режиме максимального крутящего момента.

Температуры в районе верхней поршневой канавки на номинальном режиме работы в газодизельном варианте на 2–4 К выше, чем у дизельного прототипа, а на режиме максимального крутящего момента — на 10–18 К. Поэтому можно ожидать, что переход на газодизельный рабочий процесс не скажется на работе масляной системы двигателя, расход масла на угар не изменится и специального подбора масла не потребуется.

Из сказанного выше можно сделать вывод: переход на газодизельный рабочий процесс при условии равенства выходных мощностных показателей с дизельным прототипом должен приводить к снижению тепловой напряженности поршня. Известные же на практике случаи прогорания поршня и клапанных перегородок головки цилиндра газодизельных модификаций связанны, очевидно, с проблемами в работе газотопливной аппаратуры и к самой идее перехода на газожидкостный процесс не имеют никакого отношения. Об этом говорит и тот факт, что при центральной подаче

газового топлива на выпуск дизелей в некоторых случаях наблюдается значительная неравномерность работы соседних цилиндров, вызываемая неоднородностью наполнения и разными значениями коэффициентов избытка воздуха.

#### Литература

- Генкин К.И. Газовые двигатели. — М.: Машиностроение. — 1977. — 196 с.
- Кудряш А.П., Пашков В.В., Маринин В.С., Москаленко Д.А. Природный газ в двигателях. — Киев. — "Наукова думка". — 1990. — 200 с.
- Duzynski A. (Edit). Proceeding of the VI International Scientific Conference GAS ENGINES. Czestochowa, 2003. — 751 p.
- Гайворонский А.И., Марков В.А., Ильинский Ю.В. Использование природного газа и других альтернативных топлив в дизельных двигателях. — М.: ООО "ИРЦ Газпром". — 2007. — 480 с.
- Кавтарадзе Р.З. Локальный теплообмен в поршневых двигателях. — М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана. — 2001. — 591 с.
- Николаенко В.А., Морозов В.А. Разработка и опыт использования измерителя максимальной температуры кристаллического. М. Труды Института атомной энергии им. И.В. Курчатова. — 1979. — 36 с.
- Николаенко В.А., Карпухин В.И. Измерение температуры с помощью облученных материалов. — М.: Энергоатомиздат. — 1986. — 120 с.
- Гайворонский А.И. Тепловое состояние деталей ЦПГ газового двигателя // Автомобильная промышленность. — 2006. — № 12. — С. 9–11.

# МАТЕМАТИЧЕСКИЕ МОДЕЛИ ГЛАВНЫХ РАБОЧИХ ПОЛЕЙ ДВС

Канд. техн. наук Л.Г. ТРЕМБОВЕЛЬСКИЙ  
ЗИЛ

В статье предлагается метод построения уравнений регрессии, описывающих характеристики двигателя внутреннего сгорания, в том числе и количественный состав вредных веществ в отработавших газах. Даны примеры таких уравнений для отечественных и зарубежных двигателей. Указывается область применения этих моделей. Ключевые слова: математические модели, рабочие поля, уравнения регрессии, центральный композиционный план, топливо-энергетическое поле, адекватность, формализация.

Trembovelskly L. G.  
Mathematical models of internal combustion engine operating fields

In the article suggested method of regression equations building, explaining the characteristics of internal combustion engine including quantitative composition of harmful substances in the burnt gases. Have made examples of such equations for domestic and foreign vehicles.

Keywords: mathematical models; operating fields; regression equations; central composite plan; fuel-energy field; adequacy; formalization

При проектировании и доводке любых АТС, в том числе грузовых автомобилей и автобусов, всегда приходится подбирать (согласовывать) двигатель, трансмиссию и АТС в целом. При этом решаются, по сути, две проблемы — обеспечения их топливно-экономических и экологических показателей на уровне, не хуже (желательно лучше) изделий аналогичного назначения, выпускаемых фирмами-конкурентами.

Много лет их решали путем проведения сравнительных испытаний, т. е. экспериментально. На это уходило много времени и, естественно, труда и денежных средств. В результате зачастую оказывалось, что новая разработка морально устаревала, не успев попасть на конвейер автозаводов. Но в последние годы начинает развиваться новое направление — методы математического анализа конструкции АТС и их эффективности. И таких методов сейчас известно достаточно много. Причем практически каждый из них направлен на сокращение сроков разработки и доводки АТС.

Перечислять эти методы нужды нет — они известны. Однако нельзя не признать, что большинство из них пока еще уступают (по результатам) методам экспериментальным. Прежде всего по точности и, как ни странно, по стоимости "машинного" (ЭВМ) времени. Поэтому многие исследователи, в том числе и автор предлагаемой вниманию читателей публикации, занимаются поиском более рациональных путей. Так, автор предлагает при решении названных выше задач использовать математические модели, входными данными для которых служат статистические данные. То есть использовать уравнения регрессии. Что вполне правомерно. Ведь и топливно-экономические, и экологические показатели АТС напрямую связаны с характеристиками ДВС, которые не только легко, но и в обязательном порядке определяются экспериментально. Иначе говоря, исходные данные для составления уравнений регрессии долго искать не нужно. И эти исходные данные — два информационных поля: множества значений показателей, характеризующих эко-

№ формулы	Формула	Примечания
1	$y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2 + b_{11} X_1^2 + b_{22} X_2^2$	$b_p, b_{ij}$ — коэффициенты регрессии; $X_i$ — координаты экспериментальных точек
2	$b_0 = \frac{\sum_{u=1}^9 y_u}{9} - b_{11} \frac{\sum_{u=1}^9 \frac{X_{1u}^2}{u}}{9} - b_{22} \frac{\sum_{u=1}^9 \frac{X_{2u}^2}{u}}{9}$	$y_u$ — экспериментальные значения искомой функции
3	$b_i = \frac{\sum_{u=1}^9 X_{iu} y_u}{\sum_{u=1}^9 (X_{iu})^2}$	$X_{iu}$ — значение $i$ -й координаты при $u$ -м опыте (см. табл. 2)
4	$b_{ij} = \frac{\sum_{u=1}^9 X_{iu} X_{ju} y_u}{\sum_{u=1}^9 (X_{iu} X_{ju})^2}$	—
5	$b_{ii} = \frac{\sum_{u=1}^9 X'_{iu} y_u}{\sum_{u=1}^9 (X'_{iu})^2}$	$X'_{iu}$ — значение координаты $X'_i = X_i^2 - \frac{2}{3}$ при $u$ -м опыте (см. табл. 2)
6	$X_1 = \frac{n - 0,5(n_{\max} + n_{\min})}{0,5(n_{\max} - n_{\min})}$	$n$ — текущее значение частоты вращения коленчатого вала двигателя; $n_{\max}, n_{\min}$ — ее максимальное и минимальное значения
7	$X_2 = \frac{u - 0,5(u_{\max} + u_{\min})}{0,5(u_{\max} - u_{\min})}$	$u$ — текущее значение загруженности двигателя; $u_{\max}, u_{\min}$ — максимальное и минимальное ее значения
8	$u = \frac{M_e}{M_{e_s}} 100\%$	$M_e$ — текущее значение крутящего момента; $M_{e_s}$ — значение этого момента по внешней скоростной характеристике двигателя
9	$\vartheta = \frac{1000}{g_e} = \frac{M_e \omega}{G_t} = \frac{\eta_e H_u}{3,6}$	$g_e$ — удельный эффективный расход топлива; $M_e$ — крутящий момент двигателя; $\omega$ — частота вращения коленчатого вала; $G_t$ — часовой расход топлива; $\eta_e$ — эффективный КПД двигателя; $H_u$ — низшая теплотворная способность топлива

номическую и экологическую эффективность ДВС в координатах "частота вращения коленчатого вала—нагрузка".

Но экспериментальное получение этих характеристик позволяет рассматривать задачу составления уравнений как интерполяционную, для решения которой метод планирования эксперимента — не только желательный, но и необходимый.

Не останавливаясь на теоретических аспектах этого метода, поскольку для специалистов (и даже студентов технических вузов) он давно известен, можно сразу сказать, что уравнение регрессии в нашем, как и во многих других случаях, имеет вид формулы № 1 (табл. 1). Оно представляет собой математическую модель интерполяционных задач. Их решение рассмотрим по схеме центрального композиционного плана. (Хотя возможны, разумеется, и другие схемы. Но результаты выбранной схемы, в общем-то, довольно близки к более трудоемким результатам ранее применяемых схем.)

Так, для определения шести коэффициентов  $b_i$  воспользуемся экспериментом с тремя уровнями факторов, т. е. число опытов примем равным девяти. Тогда ортогональная матрица планирования примет вид табл. 2.

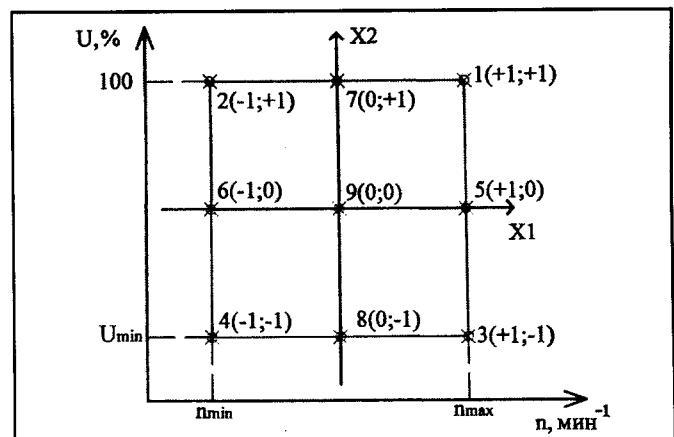
В формуле № 1 неизвестны и значения коэффициентов  $b_i$ , и значения переменных  $X_1, X_2$ . Но формулы для их расчета известны. Так, коэффициент  $b_0$  определяется по формуле № 2,  $b_i$  — по формуле № 3,  $b_{ij}$  — по формуле № 4 и  $b_{ii}$  — по формуле № 5.

Координаты  $X_1$  и  $X_2$  рассчитываются соответственно по формулам № 6 и 7. Для входящего в последнюю формулу параметра  $n$  предназначена формула № 8.

Область определения рассматриваемой модели в нашем случае иллюстрирует рисунок, на котором пронумерованы ее девять точек, в которых необходимо экспериментальное определение  $u_U$ , а в скобках указаны координаты  $X_1, X_2$  этих точек.

Теперь рассмотрим область определения топливно-энергетического поля.

Топливно-энергетическое поле ДВС обычно задается набором характеристик, оговоренных ГОСТ 14846—81. Однако для решения ряда технических задач значительно удобнее представить это поле в виде непрерывной функциональной зависимости нескольких переменных. С этой целью будем считать двигатель "черным ящи-



ком", входным показателем которого являются независимые переменные (частота вращения коленчатого вала и его загруженность), а выходным, отражающим эффективность ДВС, — механический эквивалент  $\mathcal{E}$  1 кг топлива, подсчитываемый по формуле № 9.

Рассмотренный метод построения регрессионных уравнений, описывающих рабочие поля двигателей, применялся при доводке автомобилей семейств ЗИЛ-4331 и ЗИЛ-5301. Четыре модели двигателей — ЗИЛ-645, "Дойц F6L-413F", Д-245.1.72, Д-245.9Е2 (табл. 3) устанавливались соответственно на автомобили ЗИЛ-4331, его аналог "Форд Карго-1317" и ЗИЛ-5301 (два последних двигателя).

Топливно-энергетические поля для каждого из двигателей задавались тремя нагрузочными характеристиками. Так, для двигателя ЗИЛ-645 их определяли в области  $1200 \leq n \leq 2800 \text{ мин}^{-1}$  и  $40\% \leq u \leq 100\%$  при  $n = 1200, 2000$  и  $2800 \text{ мин}^{-1}$ . Новые координаты подсчитывали по формулам  $X_1 = \frac{n-2000}{800}$  и  $X_2 = \frac{u-70}{30}$ . Для двигателя "Дойц F6L-413F" область определения составила  $1200 \leq n \leq 2500 \text{ мин}^{-1}$  и  $40\% \leq u \leq 100\%$ , нагрузочные характеристики снимались при  $n = 1200, 1800$  и  $2500 \text{ мин}^{-1}$ , а координаты  $X_1$  и  $X_2$  рассчитывали по формулам  $X_1 = \frac{n-1800}{650}$  и  $X_2 = \frac{u-70}{30}$ .

Для двигателя Д-245.1.72 — область определения была следующей:  $1000 \leq n \leq 2200 \text{ мин}^{-1}$ ;  $20\% \leq u \leq 100\%$ ; нагрузочные характеристики сняты при  $n = 1000, 1600$  и  $2200 \text{ мин}^{-1}$ , а координаты  $X_1$  и  $X_2$  находили по формулам  $X_1 = \frac{n-1600}{600}$  и  $X_2 = \frac{u-60}{40}$ . Наконец, для двигателя Д-245.9Е2 область определения соответствовала  $1000 \leq n \leq 2400 \text{ мин}^{-1}$ ;  $10\% \leq u \leq 100\%$ , нагрузочные характеристики сняты при  $n = 1000, 1700$  и  $2400 \text{ мин}^{-1}$ , а координаты  $X_1$  и  $X_2$  определяли по формулам  $X_1 = \frac{n-1700}{700}$  и  $X_2 = \frac{u-55}{45}$ . В итоге уравнения регрессии имели следующий вид: для ЗИЛ-645 —  $\mathcal{E} = 4157,38 - 327,83X_1 + 418,23X_2 + 165,33X_1X_2 - 220,57X_1^2 - 303,47X_2^2$ ; для двигателя "Дойц F6L-413F" —  $\mathcal{E} = 4443,28 - 74,42X_1 + 387,55X_2 + 183,98X_1X_2 -$

Таблица 2

№ опыта	$X_0$	$X_1$	$X_2$	$X_1X_2$	$X'_1 = X_1^2 - \frac{2}{3}$	$X'_2 = X_2^2 - \frac{2}{3}$	$y_U$
1	+1	+1	+1	+1	+1/3	+1/3	$y_1$
2	+1	-1	+1	-1	+1/3	+1/3	$y_2$
3	+1	+1	-1	-1	+1/3	+1/3	$y_3$
4	+1	-1	-1	+1	+1/3	+1/3	$y_4$
5	+1	+1	0	0	+1/3	-2/3	$y_5$
6	+1	-1	0	0	+1/3	-2/3	$y_6$
7	+1	-1	0	0	+1/3	-2/3	$y_7$
8	+1	0	+1	0	-2/3	+1/3	$y_8$
9	+1	0	0	0	-2/3	-2/3	$y_9$

$$\begin{aligned}
 & -314,42X_1^2 - 345,52X_2^2; \text{ для } \Delta-245.1.72 - \vartheta = 4620,70 - \\
 & -121,89X_1 + 572,99X_2 + 261,98X_1X_2 - 276,05X_1^2 - \\
 & -730,95X_2^2 \text{ и для } \Delta-245.9E2 - \vartheta = 4273,37 - 469,43X_1 + \\
 & + 777,93X_2 + 196,9X_1X_2 - 180,45X_1^2 - 570,54X_2^2.
 \end{aligned}$$

Проверка этих моделей показала, что они адекватны. В частности, значения эквивалента, полученного экспериментально (по нагрузочным характеристикам) и вычисленного по приведенному выше уравнению, оказались следующими: в 17 точках разница не превысила 1 %, в 20 точках — 1–2, в 17 точках — 2–3, а только в трех точках она составила 4–5 %.

Таким образом, практически точность описания топливно-энергетического поля дизеля многочленом второго порядка с двумя независимыми переменными, построенными по матрице центрального композиционного плана, очень высока.

Как можно использовать эту математическую модель?

Для полного, достаточного для исследовательских целей описания топливно-энергетического поля двигателя обычно снимают 6–8 нагрузочных характеристик. Построение же уравнения, описывающего топливно-энергетическое поле рассмотренным методом,

Таблица 3

Параметры	Модель двигателя (уровень токсичности)			
	ЗИЛ-645 ("Евро-0")	"Дойц F6L-413" ("Евро-0")	ММЗ Д-245.9E2 ("Евро-2")	ММЗ Д-245.1.72 ("Евро-1")
Тип	Дизель без наддува	Дизель без наддува	Дизель с наддувом и промежуточным охлаждением воздуха	Дизель с наддувом
Способ смесеобразования	Объемно-пленоочное		Непосредственный впрыск	
	М-процесс	Д-процесс		
Число и расположение цилиндров	8, V-90	6, V-90	4, рядный	
Рабочий объем, л	8,74	9,572	4,75	
Комплектность	ГОСТ 14846–81	—	ГОСТ 14846–81	
Номинальная мощность, кВт (при мин <sup>-1</sup> )	136 (2800)	130 (2500)	100 (2400)	71,5 (2200)
Максимальный крутящий момент, Н·м (при мин <sup>-1</sup> )	537,5 (1400)	613 (1500)	460 (1600)	386 (1400)
Литровая мощность, кВт/л	15,6	13,6	21,1	16,3

требует лишь трех нагрузочных характеристик (точнее, трех точек на каждом из трех нагрузочных режимов). В результате упрощается подготовка исходных данных для проведения расчетных исследований на ЭВМ режимов движения автомобиля. Возможно также создание среднестатистического уравнения энергетического поля конкретного типа серийно выпускаемого двигателя и тем самым нормирование не отдельных мощностных и топливных его показателей, а основной зоны топливно-энергетического поля. Практическую ценность представляет, кроме того, возможность по значениям скорости движения, расхода топлива и среднего передаточного числа трансмиссии определять средние значения крутящего момента двигателя, его удельного эффективного расхода топлива и механического эквивалента 1 кг топлива.

При этом определять без применения дорогостоящего тензометрического оборудования и аналитического расчета на ЭВМ. Но главное, формализация топливно-энергетического поля двигателя позволяет формулировать и решать задачи согласованности характеристик двигателя, трансмиссии и АТС в целом (полная масса, фактор обтекаемости, сопротивление качению и т. д.) и в результате решать вопросы конкурентоспособности АТС.

Как видно из сказанного выше, основная особенность рассмотренного метода построения математической модели топливно-энергетического поля ДВС является то, что в качестве функции отклика используется механический эквивалент 1 кг топлива, т.е. величина, прямо пропорциональная эффективному КПД двигателя и легко определяемая по результатам традиционных стендовых его испытаний. Отсюда и возможность напрямую применять уравнения в расчетах как эксплуатационных, так и конструкторских параметров автомобиля.

Для поля токсичных составляющих отработавших газов в предлагаемом методе используется та же модель. И авторы решали ее по тому же алгоритму.

Например, построили уравнения регрессии для каждой из токсичных составляющих отработавших газов двигателя ЗИЛ-645 автомобилей ЗИЛ-4331. Для этого использовались значения выбросов токсичных составляющих, полученных при стендовых испытаниях (табл. 4), ортогональная матрица планирования центрального композиционного плана (см. табл. 2) и формулу № 1 для подсчета коэффициентов. В итоге уравнение для монооксида углерода приобрело такой вид:

$$\begin{aligned}
 y = & 281,22 - 277,5X_1 + 346,33X_2 - 568,75X_1X_2 + 16,17X_1^2 + \\
 & + 516,67X_2^2, \text{ для углеводородов} — y = 242,67 - 126,83X_1 + \\
 & + 20,67X_2 - 46,00X_1X_2 + 8,5X_1^2 + 11,00X_2^2 \text{ и оксидов} \\
 & \text{азота} — y = 1089,56 - 49,5X_1 + 535,83X_2 - 18,75X_1X_2 - \\
 & - 467,83X_1^2 + 143,17X_2^2.
 \end{aligned}$$

Проверка этих уравнений на адекватность показала их корректность, что подтверждает достаточную гладкость функции отклика при установившихся режимах,

Частота вращения коленчатого вала двигателя, мин <sup>-1</sup>											
1200				2000				2800			
<i>u</i> , %	CO, млн <sup>-1</sup>	CH, млн <sup>-1</sup>	NO <sub>x</sub> , млн <sup>-1</sup>	<i>u</i> , %	CO, млн <sup>-1</sup>	CH, млн <sup>-1</sup>	NO <sub>x</sub> , млн <sup>-1</sup>	<i>u</i> , %	CO, млн <sup>-1</sup>	CH, млн <sup>-1</sup>	NO <sub>x</sub> , млн <sup>-1</sup>
100	2175	450	1120	100	1110	240	2150	100	180	150	1100
91,8	840	415	1110	96,4	810	240	2225	74,3	345	100	850
84,7	525	420	1100	92,1	570	235	2275	49,4	390	100	525
70,6	330	430	1000	85,2	360	245	2325	23,5	540	150	275
42,4	275	330	580	768	245	225	2250	9,8	585	200	150
14,1	280	280	280	63,4	210	230	2025	—	—	—	—
—	—	—	—	57,5	220	230	1750	—	—	—	—
—	—	—	—	44,6	260	235	1475	—	—	—	—
—	—	—	—	36,2	375	240	1150	—	—	—	—
—	—	—	—	24,9	510	270	775	—	—	—	—

а следовательно, и возможность использования других схем регрессионного анализа.

Формализация поля токсичных составляющих в отработавших газах автомобиля позволяет оценить влияние различных комплектаций (например, использование трансмиссии с уменьшенными передаточными числами, различных моделей шин, установка спойлеров и т. д.), меняющих режим его работы, на токсичность отработавших газов. Кроме того, она дает воз-

можность без применения газоанализаторов оценивать содержание токсичных составляющих в отработавших газах при различных режимах движения автомобиля.

Таким образом, предлагаемая схема формализации рабочих полей позволяет строить уравнения, используя результаты стендовых испытаний всего на девяти статических режимах работы ДВС. Что, по вполне понятным причинам, не может не представлять интереса для специалистов.

УДК 629.1.036

## ОПТИМИЗАЦИЯ УГЛОВ НАКЛОНА ПЛОСКОСТЕЙ ВРАЩЕНИЯ УПРАВЛЯЕМЫХ КОЛЕС ПРИ КРИВОЛИНЕЙНОМ ДВИЖЕНИИ — ЭФФЕКТИВНЫЙ ПУТЬ ПОВЫШЕНИЯ НАДЕЖНОСТИ И РЕСУРСА НЕСУЩИХ УЗЛОВ АВТОМОБИЛЯ

Д-р техн. наук И.В. БАЛАБИН, В.С. НАДЕЖДИН  
МГТУ "МАМИ"

Как известно, криволинейное движение — наиболее опасный с точки зрения опрокидывания и нагруженности передней оси и всех устанавливаемых на ней агрегатов и деталей режим эксплуатации автомобиля. В связи с этим появилась идея о возможности влиять на динамику сил, возникающих в контакте колеса с дорогой, таким образом, чтобы снизить отрицательное воздействие данного режима и на устойчивость АТС против опрокидывания, и на степень нагруженности элементов конструкции переднего моста.

Первая часть этой идеи была в свое время реализована одним из авторов, И.В. Балабиным, совместно с С.А. Морозовым. Вторая же ее часть рассматривается ниже.

При движении автомобиля на повороте суммарная центробежная сила  $F_i$  инерции направлена перпендикулярно касательной, проведенной к траектории движения центра масс автомобиля (рис. 1). Из этого следует, что даже при равномерном движении автомобиля на повороте

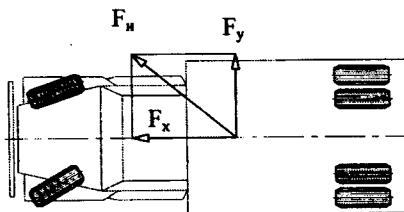


Рис. 1. Сила инерции, действующая на автомобиль при криволинейном равномерном движении, и ее составляющие

нагрузка по осям и колесам перераспределяется не только в поперечном, но и в продольном направлениях. Что дополнительно нагрузяет переднюю ось автомобиля и, в частности, наружное по отношению к центру поворота колесо. Торможение же автомобиля при криволинейном движении сопровождается еще большим перераспределением сил, а следовательно, и более нагруженным состоянием передних колес. При таком экстремальном случае движения напряжения в отдельных деталях передней подвески и переднего моста могут достигать критических значений и тем самым привести к повышенным износам шкворневого узла и даже к поломке деталей.

Наиболее остро такие процессы проявляются на грузовых автомобилях и автобусах. Дело в том, что, во-первых, центр масс у этих АТС располагается значительно выше, чем у легковых автомобилей, из-за чего продольное и поперечное перераспределения нагрузки у них проявляются резче; во-вторых, их масса на порядок больше, что увеличивает центробежную и продольную силы инерции. Поэтому все последующее

будет рассматриваться на примере именно грузового автомобиля.

Дорожные испытания таких АТС, в том числе и на дорогах НИИЦИАМТа, дают основания высказать следующую гипотезу: их опрокидывание происходит через переднее наружное колесо. Это обстоятельство наводит на мысль, что взаимодействие этого колеса с полотном дороги и есть причина появления тех сил, которые при криволинейном движении автомобиля резко увеличивают нагрузки на несущие детали и узлы передней его оси.

Причем наибольшее влияние на нагруженность деталей оказывают радиальная и осевая силы, которые создают моменты на соответствующих им плечах. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим зависимую переднюю подвеску автомобиля ЗИЛ-431440, одним из опасных сечений которой является, как свидетельствует практика, сечение, проходящее через центр шкворня и ориентированное перпендикулярно дорожному полотну.

Очевидно, что при любой форме траектории движения на управляемое колесо воздействуют три силы — продольная  $X$ , осевая  $Y$  и радиальная  $Z$ . Наибольшее влияние на нагруженность деталей, в том числе и этого сечения шкворня, оказывают моменты, создаваемые перечисленными силами на соответствующих плечах (рис. 2). Для шкворня — моменты  $M_Z = Zl_d$  и  $M_Y = Yr_d$ . Момент же  $M_X = 0$ , поскольку опасное сечение шкворня располагается на той же прямой, что и ось колеса.

Но это в общем случае. При прямолинейном же движении  $Y \approx 0$ , тогда в опасном сечении будет действовать только момент  $M_Z$  от радиальной силы.

При движении автомобиля на повороте на колесе возникают обе силы — и  $Y$ , и  $Z$ . Причем величина первой ограничена по сцеплению шины с опорной поверхностью, а величина второй — не ограничена ничем. И, как показывают расчеты, может возрасти, по сравнению с аналогичной силой при равномерном движении, вдвое. Момент  $M_Y$  от осевой силы определяется (рис. 3) как произведение этой силы на динамический радиус  $r'_d$  колеса, а момент  $M_Z$  от радиальной силы —

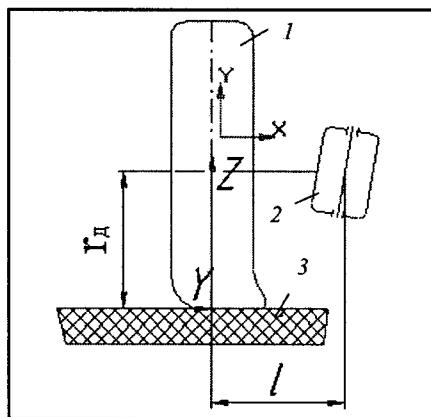


Рис. 2. Схема работы колеса и шкворневого узла при повороте автомобиля и  $\alpha_h = 0$ :

1 — колесо; 2 — шкворень; 3 — опорная поверхность

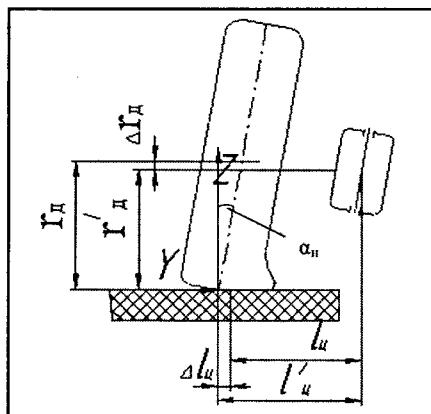


Рис. 3. Схема работы колеса и шкворневого узла при повороте автомобиля и  $\alpha_h \neq 0$

произведение возросшей радиальной силы на плечо  $l'_d$ . При этом итоговый  $M_Z$  момент, равный разности соответствующих сил, возрастает. Следовательно, растет и нагруженность несущих узлов автомобиля. Кроме того, есть и еще один отрицательный фактор: момент  $M_Z$  при прямолинейном движении отличается от момента  $M_\Sigma$  при криволинейном движении не только по величине, но и по знаку. А это, в свою очередь, еще больше усугубляет напряженно-деформированное состояние отдельных деталей и узлов передних подвески и моста автомобиля.

Столь неблагоприятные воздействия могут быть уменьшены при соответственном, желательно автоматическом, регулировании угла  $\alpha_h$  наклона плоскостей вращения управляемых колес. Например, на рис. 3 нетрудно заметить, что при новом положении колеса изменяются ве-

личины плеч сил  $Z$  и  $Y$ , что, безусловно, не может не сказаться на величине момента  $M_\Sigma$  в интересующем нас сечении.

Как сказано выше, в критических условиях движения величины сил  $Z$  и  $Y$  достигают своих максимальных значений, которые ограничены фактором устойчивости автомобиля. При этом плечо  $r_d$  более чем в 2 раза длиннее плеча  $l$ . При наклоненном же колесе плечо  $l$  увеличивается на величину  $\Delta l$  и становится равным  $l'$ , а плечо  $r_d$ , наоборот, уменьшается на величину  $\Delta r_d$  и становится равным  $r'_d$ . Эти приращения подсчитываются соответственно по формулам  $\Delta l = r_{d1} \sin \alpha_h$  и  $\Delta r_d = r_d - r_{d1} \cos \alpha_h = r_{d1} (1 - \cos \alpha_h)$  (в первом приближении принимаем, что  $r_d = r_{d1}$ , поскольку разница между ними не существенна).

Таким образом, варьируя значение угла  $\alpha_h$ , мы можем влиять на величину  $M_\Sigma$  в опасном сечении, за которое, как уже упоминалось, в рассматриваемом примере выбрано центральное сечение шкворня. Поэтому что выход из строя шкворневого узла может привести к катастрофе: автомобиль станет неуправляемым.

Но при этом необходимо иметь в виду, что полной разгрузки опасного сечения при повороте автомобиля добиваться нецелесообразно, так как при возвращении к прямолинейному движению она снова появится, причем может носить ударный характер. Гораздо выгоднее выбрать такой закон регулирования  $\alpha_h$ , при котором нагрузка в опасном сечении будет постоянной на всех режимах движения. Причем лучше всего — чтобы момент  $M_Z$  в опасном сечении в условиях экстремального движения был равен моменту  $M_\Sigma$  в том же сечении при прямолинейном равномерном движении. Тогда и напряжения останутся постоянными, независимо от режима движения. То есть экстремальный режим окажется полностью нейтрализованным. Значит, основные несущие детали можно будет, в принципе, рассчитывать на прочность и долговечность только для режима прямолинейного равномерного движения. А пока регулирования  $\alpha_h$  нет, приходится выполнять расчет для нескольких вариантов движения — равномерного

прямолинейного, равномерного криволинейного и криволинейного с торможением.

Формулы для каждого из вариантов хорошо известны:

$$M_{\Sigma_1} = Z_1 l;$$

$$M_{\Sigma_2} = Z_2(l + r_d \sin \alpha_{h2}) - Y_2 r_d \cos \alpha_{h2};$$

$$M_{\Sigma_3} = Z_3(l + r_d \sin \alpha_{h3}) - Y_3 r_d \cos \alpha_{h3}.$$

Но они интересны не сами по себе, а тем, что позволяют решить и поставленную авторами задачу, т. е. определить величины углов, необходимые для компенсации перегрузки при обоих вариантах криволинейного движения. Для этого достаточно решить два равенства:  $M_{\Sigma_2} = M_{\Sigma_1}$  и  $M_{\Sigma_3} = M_{\Sigma_1}$ . Или, что то же самое, равенства  $Z(l + r_d \sin \alpha_h) - Y_2 r_d \cos \alpha_{h2} = Z_1 l$ ;  $Z_3(l + r_d \sin \alpha_h) - Y_3 r_d \cos \alpha_{h3} = Z_1 l$ .

Для автомобиля ЗИЛ-431410 сила  $Z_1$  равна 12878,4 Н, сила  $Z_2$  — 23259 Н и сила  $Z_3$  — 34890 Н;  $r_d = 0,43$  м;  $l = 0,12$  м. Кроме того, при прямолинейном движении  $Y_1' = 0$ . Силы

$Y_2$  и  $Y_3$  примем равными 12272,65 Н. Тогда, подставляя числовые значения сил и плеч в первое из уравнений и решая его относительно  $\sin \alpha_{h2}$ , получаем:  $\sin \alpha_{h2} = 0,3664$ . Или:  $\alpha_{h2} = 21,494^\circ$ .

Проделав то же самое со вторым уравнением, имеем:  $\alpha_{h3} = 9,82^\circ$ .

Приведенные выше формулы дают возможность решить их и относительно моментов, возникающих в интересующем опасном сечении. Для этого нужно подставить в них числовые значения сил и плеч. В итоге для ЗИЛ-431410 получилось: момент  $M_{\Sigma_1}$ , который воспринимает

узел передней оси автомобиля при прямолинейном движении, равен 1545,408 Н·м; момент  $M'_{\Sigma_2}$  при криволинейном равномерном движении без наклона управляемых колес ( $\alpha_{h2} = 0$ ) — 2486,16 Н·м; момент  $M''_{\Sigma_2}$  при криволинейном движении с торможением без наклона управляемых колес — 1090,44 Н·м; момент  $M_{\Sigma_2}$  при криволинейном равномер-

ном движении с наклоном колеса на угол  $\alpha_{h2} = 21,494^\circ$  — 1545,185 Н·м; момент  $M_{\Sigma_3}$  при криволинейном движении с торможением и наклоном колеса на угол  $\alpha_{h3} = 9,82^\circ$  — 1545,642 Н·м.

Как видим, в экстремальных случаях движения и при отсутствии компенсации за счет наклона плоскости вращения управляемых колес эти моменты могут достигать значительных величин, имея, в то же время, противоположное направление по отношению к моменту при прямолинейном движении.

Расчет, приведенный выше, доказывает: при соответствующих изменениях углов  $\alpha_h$  наклона плоскости вращения управляемых колес добиться улучшения напряженно-деформированного состояния узлов автомобиля, действительно, можно. И тем самым — создать благоприятные условия для работы несущих деталей. Тем более что необходимые углы  $\alpha_h$  наклона технически вполне реализуемы.

УДК 629.4.077

## МОДЕЛИРОВАНИЕ СТАТИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ТОРМОЗНЫХ СИСТЕМ КАК СПОСОБ ВЫБОРА РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ ТОРМОЗНЫХ МЕХАНИЗМОВ

Д.Н. ЛЕОНТЬЕВ, кандидаты техн. наук А.В. КРАМСКОЙ, Л.А. РЫЖИХ и С.И. ЛОМАКА

Харьковский НАДУ

Современные АТС оборудуются различными системами автоматического регулирования их тормозных сил — АБС, ПБС, системами курсовой, а также динамической устойчивости. Кроме того, на случай выхода из строя любой из этих систем разработчик АТС должен предусматривать различные дополнительные аппараты (регуляторы тормозных сил, системы распределения тормозных сил и пр.), обеспечивающие выполнение Приложения 10 к Правилам № 13 ЕЭК ООН.

Самый дешевый и быстрый способ решения данных задач — математическое моделирование статических характеристик тормозных систем, т. е. момента  $M_p$ , развивае-

мого тормозным механизмом; коэффициентов  $k_1$ ,  $k_2$ ,  $k_3$  граничных кривых и коэффициента  $f_i$  реализуемого сцепления для порожнего и груженого АТС. И здесь ничего нового изобретать не нужно. Например, значение момента  $M_i$  для барабанного тормозного механизма подсчитывается по известной формуле  $M_i = \mu N_i p_y$ , для дискового — по формуле  $M_i = \mu N_i p_N$ , в которых  $\mu$  — коэффициент трения между накладкой и барабаном (диском);  $N_i$  — вектор силы, приложенный к тормозной накладке;  $p_y$  — условный радиус трения;  $p_N$  — координата центра давления;  $i$  — индекс, определяющий переднюю или заднюю ось АТС.

Коэффициенты граничных кривых ( $k_i$ ) и реализуемого сцепления ( $f_i$ ) определяются для любого двухосного транспортного средства в соответствии с Правилами № 13 ЕЭК ООН, т. е. по формулам  $k_1 = z + 0,08$ ;

$$k_2 = z - 0,08; k_3 = \frac{(z - 0,02)}{0,74}; f_i = \frac{T_i}{G_i \pm z \frac{h}{L} G},$$

где  $z$  — коэффициент

торможения;  $T_i$  — тормозная сила, действующая в пятне контакта колеса с поверхностью дороги, для  $i$ -й оси;  $G_i$  — сила веса, приходящая на  $i$ -ю ось транспортного средства;  $G$  — сила веса АТС;  $h$  — высота центра его масс;  $L$  — его база.

По используемым моделям автомобили получили кривые реализуемого сцепления для серийных тормозных механизмов автобусов БАЗ-А079.04 "Эталон", МАЗ-256000 и ЛАЗ-965. Цель расчетов состояла в том, чтобы выяснить, соответствуют ли параметры тормозных систем серийных автобусов их рационально возможным вариантам. При этом в качестве варьируемых параметров были

Таблица 1

Параметр	Модель автобуса		
	БАЗ-А079.04 "Эталон"	МАЗ- 256000	ЛАЗ-695
Масса, кг: снаряженная полная	4630 7730	7400 9500	6850 1,161,0
База, м	3,8		
Высота центра масс, м, при: снаряженной массе полном массе	0,732 0,81,6	0,897 0,984	1,0 1,1
Расстояния от центра масс до передней оси, м, при: снаряженной массе полном массе	1,871 2,463	2,27 2,61	2,844 2,71,6
Статический радиус колес, м	0,336	0,39	0,505
Длина тормозной накладки, м	0,422	0,312	0,426
Внутренний радиус тормозного барабана, м	0,1,875	0,1,68	0,21
Коэффициент трения тормозной накладки и барабана	0,35	0,35	0,35
Расстояние, м, от центра оси до: нижней опоры колодки точки приложения прижимной силы к тормозной колодке	0,12 0,12	0,125 0,125	0,173 0,165
Радиус разжимного кулака, м	0,0125	0,0125	0,0125
Длина рычагов разжимного кулака передней и задней осей, м:	0,14	0,15	0,135
Тип тормозных камер передней и задней осей	12	16	20

Таблица 2

Модель автобуса	Метод	Длина переднего рычага, мм		Длина заднего рычага, мм	
		фактическая	рационализированная	фактическая	рационализированная
БАЗ- А079.04 "Эталон"	При фиксированной длине переднего рычага	140	140	140	167—178
	При фиксированной длине заднего рычага	110	110—117	140	140
	При фиксированной длине обоих рычагов	140	—	126—300	121—300
МАЗ- 256 000	При фиксированной длине переднего рычага	150	150	150	114—174
	При фиксированной длине заднего рычага	150	130—198	150	150
	При фиксированной длине обоих рычагов	150	126—300	150	126—300
ЛАЗ-695	При фиксированной длине переднего рычага	135	135	135	134—180
	При фиксированной длине заднего рычага	135	106—136	135	135
	При фиксированной длине обоих рычагов	135	121—300	135	121—300

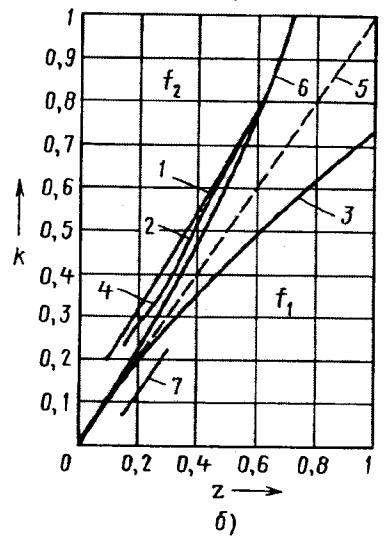
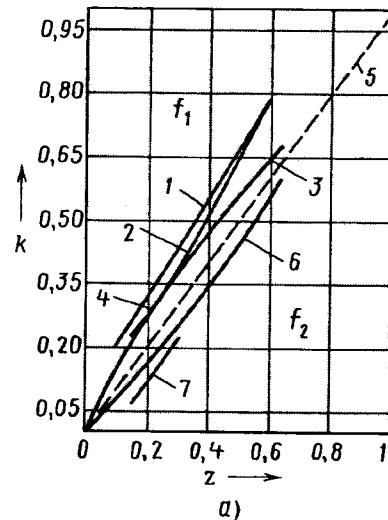
взяты: тип тормозной камеры, длина рычага поворотного кулака передней оси и длина рычага разжимного кулака задней оси. Длины рычагов одной оси определялись при фиксированных значениях длин рычагов второй оси. Кроме того, с целью унификации тормозных механизмов в качестве варианта предусматривался и тот, при котором дли-

на рычагов передней и задней осей одинаковая.

Исходные данные для расчета, который выполнялся с помощью специально разработанных для этой цели программных модулей, позволяющих в интерактивном режиме определять рациональные параметры по заданным критериям, приведены в табл. 1.

Расчеты показали, что параметры разжимных рычагов рассматриваемых автобусов не всегда соответствуют их рациональным значениям (табл. 2). Например, длина рычагов разжимных кулаков тормозных механизмов задней оси автобуса БАЗ оказывается на 27—38 мм меньше рационализированной.

Для всех вариантов были построены кривые реализуемого сцепления. Пример таких кривых приведен на рисунке, построенном для стандартного значения длины (140 мм) переднего рычага поворотного кулака автобуса БАЗ-А079.04 "Эталон" при длине заднего рычага 178 мм, определенной методом рационализации



Кривые реализуемого сцепления для груженого (а) и порожнего (б) автобуса БАЗ-А079.04 "Эталон" с рационализированными рычагами:

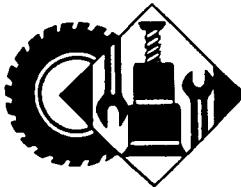
$$1 - k = (z + 0,07)/0,85; 2 - k = (z - 0,02)/0,74; 3 - \text{передняя ось}; 4 - k = z + 0,08; 5 - k = z; 6 - \text{задняя ось}; 7 - k = z - 0,08$$

параметров. Коэффициент запаса тормозных сил в данном случае равен 1,39. Однако авторы считают, что с целью обеспечения безопасности движения АТС в различных условиях эксплуатации и в связи с неизбежным изменением коэффициента трения тормозных накладок в процессе эксплуатации подвижного состава, разжимные рычаги должны иметь такую длину, которая мог-

ла бы обеспечить коэффициент запаса тормозных сил на 15–40 % больше его предельного значения. При этом АТС, естественно, должно удовлетворять нормативным требованиям в отношении замедления при испытаниях "типа 0".

Таким образом, можно считать доказанным, что для двухосных АТС определение рациональных параметров рычагов передних и задних тор-

мозных механизмов, при которых распределение тормозных сил всегда будет удовлетворять Правилам № 13, — дело вполне реальное. При этом диапазон значений длины разжимных рычагов тормозных механизмов передней оси автобуса БАЗ-А079.04 "Эталон" при длине задних 140 мм составляет 110–117 мм, а для задних при длине передних 140 мм — 167–178 мм.



## ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

УДК 656.73.01.75

### ОЦЕНКА ТЕХНИКО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ

Канд. техн. наук К.И. РАЗГОВОРОВ

МАДИ (ГТУ)

*В статье приводятся результаты деятельности станции технического обслуживания официального дилерского предприятия корпорации "Дженерал Моторс". Рассмотрены основные технико-экономические показатели. Описывается динамика их изменения до внедрения (за 2005 г.) и после (за 2006 г.) информационной системы "Автоматизированный автосервис".*

*Ключевые слова: показатели деятельности СТОА.*

Razgovorov K. I.

**Economic efficiency received by means of time-service introduction and repair on a state (condition)**

*In clause the design procedure of economic efficiency for cars owners and Auto Servicing Enterprises, received by means of time-service introduction and repair on a state (condition) is resulted.*

*Keywords: economic efficiency of service.*

Анализ производственной деятельности многих СТОА и научно-исследовательских работ в данной области дает основание сделать вывод: в настоящее время проблема оптимизации ресурсного обеспечения системы автотехобслуживания легковых автомобилей в России пока еще далека от решения. Более того, она даже недостаточно изучена. И здесь, по мнению автора, есть смысл обратиться к опыту фирм, давно и довольно успешно работающих в нашей стране. В частности, опыту ЗАО "ТПК "Трейдинвест", официального дилера "Дженерал Моторс" в Москве.

Эта организация занимается продажей автомобилей и запасных частей к ним, а также ремонтом, гарантийным и техническим обслуживанием АТС. Чтобы оценить эффективность производственной деятельности "ТПК "Трейдинвест",

воспользуемся четырьмя показателями: затраты на закупку запасных частей и расходных материалов; прибыль, полученная от их реализации; количество выработанных нормо-часов основными и вспомогательными участками (цехами); расходы на выплату заработной платы производственным рабочим.

Первый из перечисленных показателей обычно характеризуют через работу складского хозяйства предприятия, оцениваемую, как известно, через коэффициент  $K_{об}$  оборачиваемости запасных частей и материалов, т. е.  $K_{об} = C_{рас} / C_{ост}$ , где  $C_{рас}$  — себестоимость (количество) запасных частей и материалов, реализованных со склада за отчетный период, руб. (шт.);  $C_{ост}$  — средняя стоимость (количество) оставшихся запасных частей и материалов в том же периоде. Этот коэффициент показывает, сколько раз в среднем оборачивают-

ся запасы СТОА за определенный период (год, квартал, месяц) времени и позволяет оценить основную оборачиваемость капитала.

К одной из важных задач складского хозяйства, требующих постоянного решения, относится уменьшение количества неликвидов складского остатка, потому что неликвидный остаток не участвует в основном материальном или финансовом обороте предприятия. Другими словами, задача сводится к выполнению условия  $N_{ост} = N_{прих} - N_{рас} \rightarrow \min$ , где  $N_{ост}$  — остаток запасных частей и материалов на складе;  $N_{прих}$  и  $N_{рас}$  — соответственно их приход и расход за рассматриваемый период.

Однако такой подход не очень конкретен, так как  $N_{ост}$  характеризует суммарную неликвидность запасных частей и материалов. Для практической же работы более удобно разделить  $N_{ост}$  по классам ликвидности. Для чего целесообразно ввести коэффициент  $K_{лик}$  относительной ликвидности, подсчитываемый по формуле  $K_{лик} = N_{прих} / N_{рас}$  и показывающий долю ликвидности конкретных запасных частей и материалов, участвующих в материальном обороте за отчетный период. Его применение на некоторых предприятиях автотехобслуживания позволило сократить складские остатки на ~25 %. Кроме того, при наличии алгоритмов и соответствующего программного обеспечения у предприятий появилась возможность значительно уменьшить экономические потери прибыли от упущеных оп-

товых заказчиков. Наконец, результаты внедрения алгоритма автоматизированного заказа запасных частей уменьшают трудозатраты на обработку информации в 2,5 раза.

Общее годовое количество ( $Q_{\text{общ}}$ ) выработанных нормо-часов рассчитывается по формуле  $Q_{\text{общ}} = K_{\text{пост}} D_{\text{раб}} / F_{\text{пост}}$ , в которой  $K_{\text{пост}}$  — число постов СТОА;  $D_{\text{раб}}$  — число рабочих дней в году;  $t$  — среднегодовое время работы предприятия в сутки;  $F_{\text{пост}}$  — годовой фонд рабочего времени поста при односменной работе предприятия.

Результаты расчета по ней для рассматриваемого ЗАО следующие.

Число выработанных нормо-часов за 2006 г. по слесарным цехам увеличилось, по сравнению с 2005 г., на 33 %, а по кузовному и покрасочному участкам — на 17 %. Этот рост произошел за счет внедрения организационно-технических мероприятий, которые заключались в разработке и реализации программно-информационного модуля в процесс ТО и ремонта АТС. Сокращение времени на обработку информации о поступающих и обслуживающих автомобилях позволило существенно повысить пропускную способность СТОА при установленной производственной ее мощности.

Причем самый значительный эффект был достигнут именно по слесарно-механическим работам, которые составили в общей сложности 78 % общего объема выполненных работ. Причина очевидна: слесарно-механические операции имеют меньшую, чем кузовные, трудоемкость, а по обработке информации и количественному выражению — боль-

шую. Следовательно, значительное сокращение времени на обработку каждого заказ-наряда способствовало более плотной загрузке производственных мощностей. При внедрении программного продукта общее время на оформление электронной документации сократилось в целом на 40 %.

Эффект от внедрения перечисленных выше мероприятий оказался высоким и в случае конкретных марок и моделей АТС. Например, оптовые продажи запасных частей для автомобилей "Опель" и "СААБ" в 2005 г. у "Трейдинвеста" практически отсутствовали, а в 2006 г. составили соответственно 1,13 и 17,23 млн amer. долл.

Уровень среднемесячной заработной платы сотрудников относится к социальным и стимулирующим показателям, позволяет закрепить высококвалифицированные кадры на предприятии. В этой связи рассмотрим его изменение за те же 2005—2006 гг.

Величина среднемесячной заработной платы ( $C_{\text{зп}}$ ) производственных рабочих рассчитывалась по формуле  $C_{\text{зп}} = Q_{\text{раб}} / 12i$ , в которой  $Q_{\text{раб}}$  — годовое число нормо-часов, выработанное одним рабочим,  $i$  — тарифный разряд. Расчет дал следующие результаты: среднемесячная заработная плата ремонтного рабочего в 2006 г. возросла, по сравнению с 2005 г., на 35 % и составила 1183 amer. долл. И это стало возможным только благодаря уверенному росту остальных технико-экономических показателей, что подтверждает их общую взаимосвязь.

Приведенные в статье результаты отражают основные технико-экономические показатели деятельности современной СТОА как сложной системы. Их своевременные анализ и оценка позволяют определить правильное направление дальнейшего развития фирмы, а также принимать меры, направленные на повышение конкурентоспособности сервисного обслуживания.

## Литература

1. Разговоров К.И. Основные требования к программному обеспечению станции техобслуживания // Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования: Материалы междунар. науч.-практ. конференции. Иркутский гос. техн. ун-т. — Иркутск. — 2007. — С. 202—204.
2. Разговоров К.И. Укрупненный алгоритм программного обеспечения дилерской станции техобслуживания // Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств на основе современных методов диагностирования: Материалы междунар. науч.-практ. конференции. Иркутский гос. техн. ун-т. — Иркутск. — 2007. — С. 204—205.
3. Разговоров К.И., Баженов Ю.В. Методология управления складскими ресурсами на предприятиях автосервиса // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: Материалы международной науч.-практ. конференции автотранспортного факультета. Владимир. гос. ун-т. — Владимир. — 2007. — С. 149—150.
4. Разговоров К.И., Болдин А.П. Формирование логистического подхода к управлению запасами на предприятиях автотехобслуживания // Актуальные проблемы эксплуатации автотранспортных средств: Материалы международной науч.-практ. конференции автотранспортного факультета. Владимир. гос. ун-т. — Владимир. — 2007. — С. 150—151.
5. Разговоров К.И. Реализующий алгоритм автоматизированного заказа запчастей и материалов на станциях технического обслуживания. Автотранспортное предприятие. Вып. № 10. — Москва. 2008. — С. 51—53.

УДК 629.119.681.518.54

## АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ СОВРЕМЕННЫХ АТС

О.В. КУРЛЫШЕВ, д-р техн. наук А.И. ПОТАПОВ

Северо-Западный ГЭТУ

Современный автомобиль — уже не просто транспортное средство, а достаточно сложная многоплановая структура, которая включает большое число дополнительных, по отношению к традиционным АТС, систем, отвечающих за комфорт, безопасность, экологичность, управляемость и многое другое. Причем узлы и модули этих систем тесно связаны между собой, и некорректное поведение одного из них может быть результатом

серьезных проблем в другом или даже в нескольких. Поэтому определение первопричины возникшей некорректности становится далеко не тривиальной задачей. И если раньше процессором с весьма скромными возможностями самотестирования оснащалась только система управления двигателем, то на современном автомобиле "интеллектуальные" чипы присутствуют практически во всех его компонентах, связанные между собой многочисленными проводами и шинами передачи данных со специализированными протоколами, адресацией и приоритетами устройств.

Другими словами, параллельно с усложнением автомобильной техники идет постоянное развитие средств, методов и алгоритмов ее диагностирования.

Автомобильная промышленность, 2009, № 4

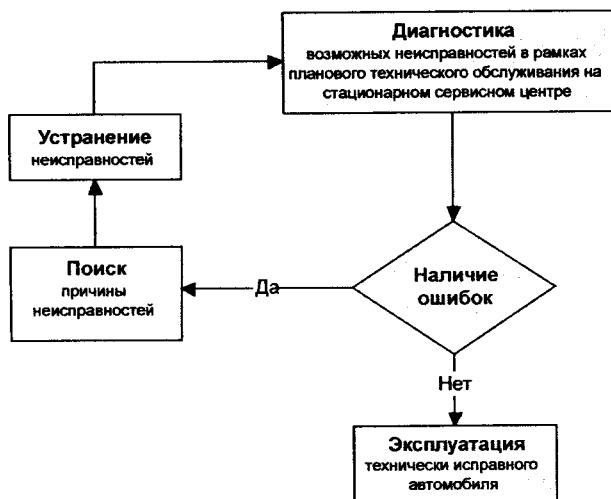


Рис. 1. Функциональная схема алгоритма диагностирования по пробегу

Причем и методы, и средства определяются именно алгоритмами развития диагностирования.

Таких алгоритмов известно достаточно много. Самый "старый" из них — алгоритм диагностирования по пробегу (рис. 1). Он подразумевает, что автомобиль при плановом техническом обслуживании совместно с процедурами, прописанными регламентом, проходит и диагностирование всех ключевых узлов в стационарном диагностическом центре. Это дает возможность идентифицировать возможную или существующую проблему и итерационно разобраться со всеми неисправностями, существующими на данный конкретный момент времени.

Так как диагностирование проводится только в стационарном сервисном центре и при пробеге автомобиля, кратном межсервисному, то очевидно, что этот алгоритм позволяет определить неисправность сразу в момент ее возникновения (если, конечно, она не вызывает отказа той или иной системы автомобиля). Что, безусловно, не способствует безопасной эксплуатации АТС.

Второй алгоритм — диагностирование с фиксированием нештатной ситуации (рис. 2). Он предусматривает оснащение некоторых узлов и агрегатов автомобиля системами самодиагностирования, которые информируют водителя о появлении неисправностей. Типичный пример — лампа "Проверьте двигатель", установленная на панели приборов большинства современных автомобилей.

В алгоритме диагностирования с фиксированием нештатной ситуации значения параметров узлов автомобиля, контролируемых датчиками, проверяются на граничные условия работы: при выходе какого-либо параметра из диапазона рабочих значений он фиксируется в ПЗУ, параллельно световая или звуковая индикация сообщает водителю о необходимости обращения в сервисный центр для дальнейшего определения и устранения проблемы, вызвавшей эти нештатные показания. Однако для дальнейшего диагностирования и устранения проблемы только факта возникновения нештатной ситуации во многих случаях недостаточно, необходимы также показания комплекса датчиков, которые отражают состояние параметров связанных между собой узлов автомобиля.

Такой недостаток отсутствует в третьем алгоритме — алгоритме диагностирования с экранами состояния

системы: в этом случае в ПЗУ немедленно появляется информация об ошибке в узле, агрегате или системе, сохраняются диагностические коды ошибочного параметра в ПЗУ. На единый экран состояния выводятся не только состояние параметра, вышедшего из рабочего диапазона, но и показания датчиков, характеризующих работу всех смежных узлов автомобиля.

Системы диагностирования, работающие по этому алгоритму, по схемному и конструктивному исполнению могут отличаться, но принцип их действия идентичен: блоком управления считаются показания датчиков на разных режимах работы (пуск, прогрев, холостой ход ДВС, разгон и торможение автомобиля и т. д.). Показания датчиков могут быть статическими (дискретными) или динамическими (изменяющимися во времени). Первые обычно определяются неким пороговым значением — импульсом определенного уровня или "переключателем" (т. е. наличием или отсутствием сигнала), а вторые, как правило, передают изменения параметра и проверяются на допустимые диапазоны (верхний и/или нижний пределы). На дискретные показания датчиков система самодиагностирования реагирует обычно только при отсутствии электрического контак-

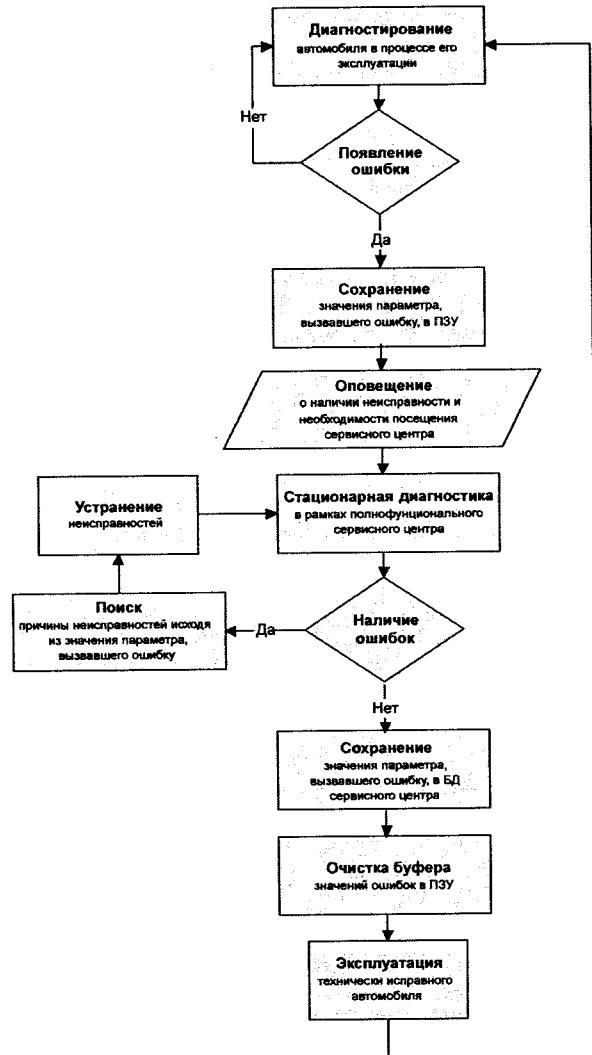


Рис. 2. Функциональная схема алгоритма диагностирования с фиксированием нештатной ситуации

та (возвращает сигнал о неисправности датчика), а изменение динамических показателей отслеживается по таблицам, хранящимся в памяти устройства управления. Впрочем, один и тот же датчик может проверяться как на электрический контакт, так и на допустимые пределы изменения. И тогда для одного устройства могут быть две ошибки: либо отсутствие сигнала, либо выход за предельные параметры.

Функциональная схема рассматриваемого алгоритма аналогична схеме алгоритма фиксирования нештатной ситуации (см. рис. 2), но на этапе записи информации в ПЗУ сохраняется не только параметр, который вышел из рабочего диапазона, но и снимается полный набор характеризующих параметров, который позволяет значительно упростить и ускорить этап поиска и устранения неисправности.

Но алгоритм, к сожалению, плохо работает в сложных случаях, когда набору параметров на момент возникновения нештатной ситуации соответствует несколько потенциальных источников неисправности. Поэтому и был разработан более совершенный его вариант — алгоритм диагностики с циклической записью параметров (рис. 3), передаваемых датчиками, которые установлены на узлах автомобиля. Он позволяет устранить недостатки алгоритма, сохраняющего экраны состояния системы, и предполагает записывать состояния и изменения показаний датчиков ключевых узлов в ПЗУ в циклическом режиме. Делается это путем записи динамики изменения параметров до возникновения ошибки и после ее возникновения, а также благодаря сохранению динамики изменения параметров во временному отрезке за половину периода записи до возникновения нештатной ситуации и на половину периода после. Запись осуществляется циклически, с перезаписью устаревших данных. Причем на момент фиксирования ошибки срабатывает логика, которая оставляет в ПЗУ результаты по одному из трех перечисленных выше вариантов сохранения параметров.

Алгоритм в настоящее время считается наиболее прогрессивным, но и наиболее сложным для реализации. Поэтому он освоен далеко не всеми производителями автомобилей — только теми из них, чья продукция находится в авангарде технического прогресса. Именно они инвестируют средства в развитие таких алгоритмов диагностирования, поскольку без них отладка и эксплуатация автомобилей такой степени сложности, информатизация и консолидация узлов между собой просто невозможны. В частности, разработанный алгоритм позволяет не только своевременно информировать водителя о необходимости срочно обратиться в сервисный центр, но и предоставить специалисту-диагносту информацию о состоянии параметров на момент ошибки, из какого состояния система перешла в состояние критичное, как вели себя ключевые параметры уже после возникновения ошибки. То есть информацию, которая крайне важна при решении перманентных и так называемых плавающих ошибок и корректного диагностирования автомобиля в особо сложных ситуациях, когда ошибочные показания идут сразу от нескольких датчиков.

При всех тех преимуществах, которые предоставляет новый алгоритм, у него уже есть дальнейшее развитие: создан алгоритм, который дает возможность не только получать подробную информацию о состоянии ключевых узлов автомобиля до и после появления неисправ-

ности, но уже в режиме прямого эфира диагностировать "плавающие" ошибки, применяя различные внешние воздействия на различные узлы и мгновенно получая реакцию системы на это воздействие именно в момент, когда "плавающая" неисправность находится в активной фазе. Это алгоритм удаленного диагностирования, представляющий собой методику, в рамках которой показания датчиков формируются, исходя из приоритетов передачи, в определенные пакеты и по беспроводной сети передаются в центр обработки данных, где имеются параметрические характеристики типовых неисправностей, сочетаний параметров, вызывающих ошибки, и возможные причины их возникновения. Такой информационный ресурс позволяет оператору принимать быстрые решения при поиске сложных неисправностей, используя динамику параметров, матрицы неисправностей, информационный ресурс и пополняя его.

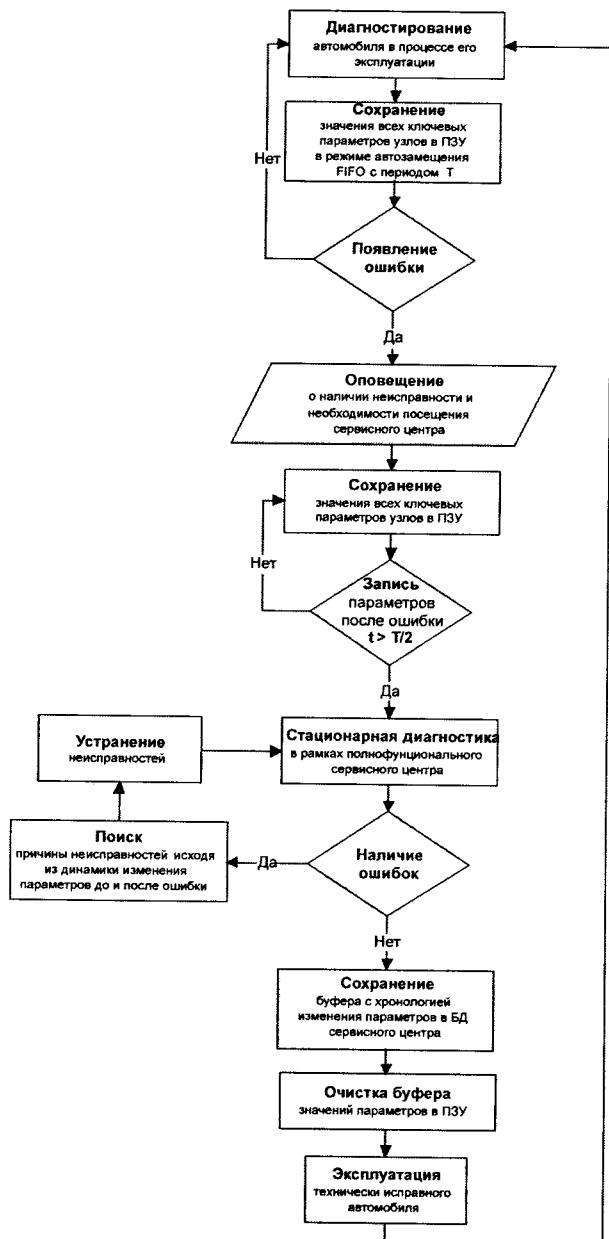


Рис. 3. Функциональная схема алгоритма диагностирования с циклической записью параметров

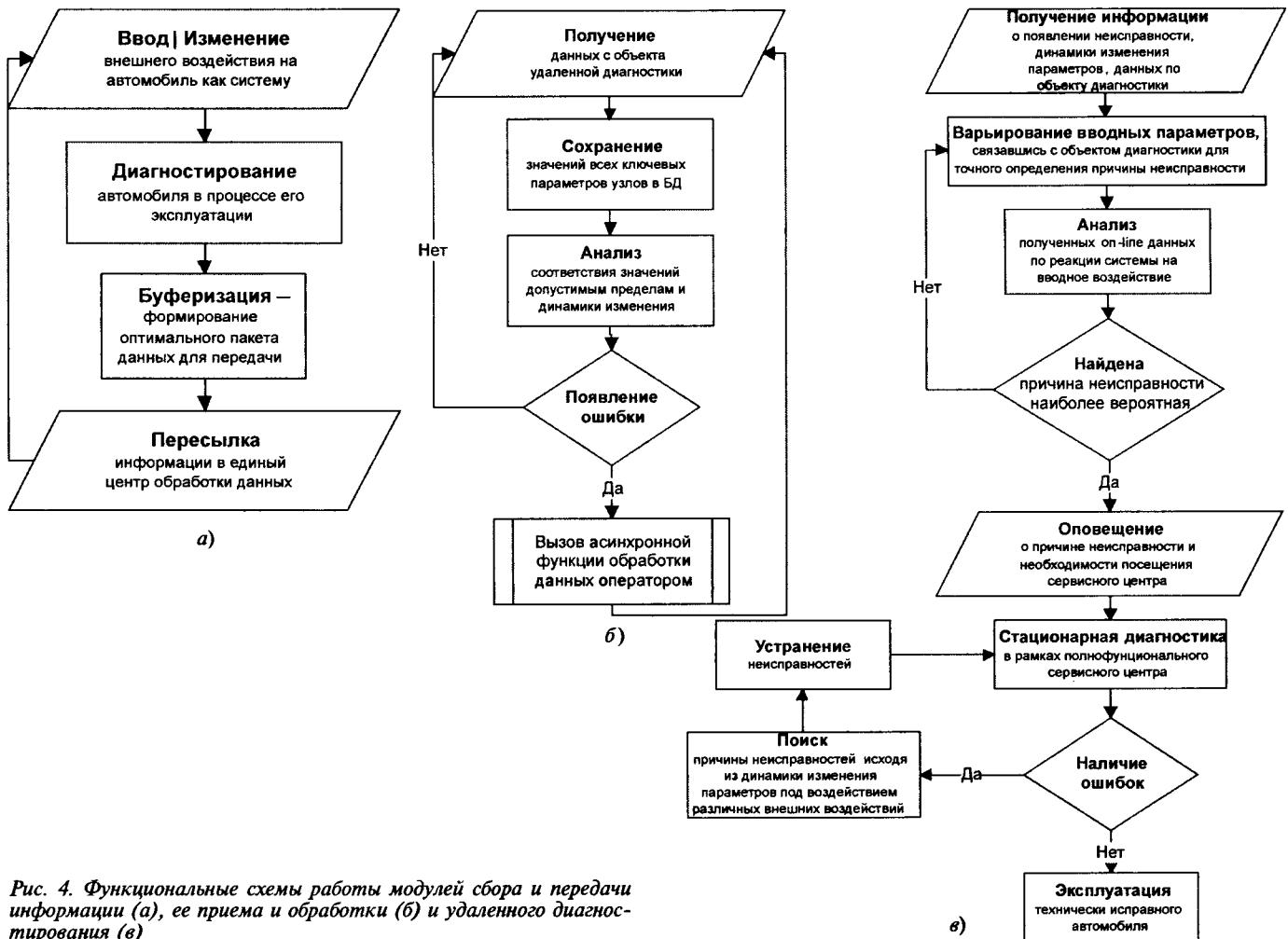


Рис. 4. Функциональные схемы работы модулей сбора и передачи информации (а), ее приема и обработки (б) и удаленного диагностирования (в)

Кроме того, оператор может применить различные входные воздействия и проанализировать реакции ключевых параметров системы в момент активной фазы проявления неисправности, т. е. создать идеальную ситуацию для эффективного диагностирования. Ведь далеко не всегда объект диагностирования, попадая в стационарный сервисный центр, сохраняет активную fazу неисправности. Более того, очень часто случается, что в сервисном центре все узлы автомобиля работают исключительно в штатных режимах, и диагностирование любым методом или оборудованием не показывает каких-либо отклонений. Алгоритм же удаленного (дистанционного) диагностирования позволяет получить информацию при различных инвариантных воздействиях и определять истинный источник "плавающих" ошибок.

Функциональная схема этого алгоритма состоит (рис. 4, а) из циклических процессов, идущих параллельно. Первый из них (рис. 4, а) — сбор показаний датчиков, первичное диагностирование, формирование пакета данных для передачи и пересылка информации. Этот процесс может настраиваться, исходя из установленных приоритетов параметров собираемой информации. Причем каждому из передаваемых параметров может быть назначен персональный приоритет, который повлияет на частоту передачи параметра по беспроводному каналу и на тип его передачи (с подтверждением или без).

Второй процесс (рис. 4, б) — прием информации от объектов диагностирования, ее сохранение и анализ.

Причем база данных постоянно пополняется передаваемыми параметрами, на основании которых можно получать взаимосвязанные диаграммы и выявлять тенденции изменения параметров автомобиля. При появлении ошибки вся ключевая информация при необходимости может быть передана специалисту-диагносту для дальнейшей обработки, который, имея удаленный доступ к информации, предоставляемой центром, может не только получить информацию об аналогичных ситуациях, уже имевших место, но и отслеживать показания датчиков автомобиля в реальном времени. В момент появления ошибки, которая может иметь "плавающий" характер и вообще не проявляться при стационарном диагностировании, диагност имеет возможность ознакомиться с динамикой проявления возникшего состояния и, оперативно связавшись с водителем, получить информацию о поведении системы в целом при различных вводных воздействиях (рис. 4, в) именно в момент, когда ошибка активна, а не перешла в "скрытый" режим.

Таким образом, можно сказать, что развитие алгоритмов диагностирования автомобилей сейчас направлено на поддержку все более сложных систем с узлами, тесно связанными друг с другом. При диагностировании таких систем уже недостаточно знать о наличии ошибки в каком-либо узле. Чтобы эксплуатировать все более технически совершенные, безопасные со всех точек зрения автомобили, необходимы столь же сложные системы их диагностирования. И они, как видим, появляются.

# НЕРАЗРУШАЮЩИЕ МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ ДЕТАЛЕЙ АВТОМОБИЛЬНОЙ ТЕХНИКИ

Д-р техн. наук М.М. МАТЛИН, кандидаты техн. наук И.М. ШАНДЫБИНА и Э.Ф. КРЕЙЧИ

Волгоградский ГТУ

В процессе эксплуатации автомобиля многие его детали (коленчатый вал двигателя, пружины и рессоры подвески, зубчатые колеса, детали ходовой части и навесного оборудования, рама и т. д.) испытывают циклические нагрузки, которые со временем приводят к появлению усталостных микротрещин на поверхностях, а затем и к их разрушению. Причем микротрещины всегда зарождаются в наиболее нагруженных и содержащих конструктивные и эксплуатационные (царапины, забоины) концентраторы напряжений. В связи с этим при изготовлении, ремонте и техническом обслуживании автомобиля диагностирование его деталей, в первую очередь тех, которые непосредственно определяют безопасность движения (детали рулевого управления, тормозной системы, ходовой части и др.), всегда начинается с их внешнего осмотра. Он позволяет выявить практически все хорошо видимые повреждения — смятие и износ резьб, крупные трещины, вмятины, коррозионные повреждения. Однако более надежные результаты дают, естественно, специальные методы (ГОСТ 18353—79) неразрушающего контроля.

Таких методов в настоящее время известно достаточно много. Что, с одной стороны, хорошо (есть возможность выбора), а с другой — не очень (специалисты АТП не всегда знают возможности методов, поэтому зачастую выбирают не соответствующий конкретному материалу детали, ее конфигурации и т. п.).

Чтобы устраниТЬ данное противоречие, рассмотрим основные из современных методов неразрушающего контроля, которые целесообразно применять для выявления усталостных и других механических повреждений деталей автомобильной техники.

**Капиллярный метод** (ГОСТ 18442—80) основан на проникновении индикаторных жидкостей в полости поверхностных или сквозных несплошностей материала детали и регистрации образующихся индикаторных следов визуальным способом или с помощью преобразователя. Этот метод предназначен для обнаружения невидимых или слабо видимых невооруженным глазом дефектов на поверхностях деталей — трещин, расслоений, закатов, надрывов, пор. Он позволяет контролировать качество деталей любых размеров и форм, изготовленных из черных или цветных металлов и сплавов, пластмасс и др. Причем в настоящее время уже существует до десятка основных наборов дефектоскопических материалов, самый высокочувствительный из которых спо-

собствует обнаружению поверхностных дефектов типа трещин и пор величиной в десятые доли микрона.

Технология реализации капиллярного метода довольно проста, малотрудоемка и сравнительно недорогая.

Так, при одном из ее вариантов для выявления трещин малой протяженности и других поверхностных дефектов металла контролируемое место детали необходимо зачистить до блеска, смочить его керосином и вытереть насухо. Затем покрыть водным раствором мела, просушить и обстукивать молотком. При наличии трещин или других дефектов в этой зоне появляются потемнения, показывающие расположение, форму и вид дефекта. При втором варианте, когда используют смесь керосина (70 %) с трансформаторным маслом (30 %) и добавкой яркого анилинового красителя (из расчета 10 г на 1 л смеси), следы получаются более яркими, в связи с чем этот вариант многие называют методом цветной пробы.

Для проверки герметичности сварных швов и механических соединений, а также для определения целостности металла малой толщины в местах изгиба проката (листа, полосы, уголка) на одну сторону контролируемого элемента конструкции наносят меловой водяной раствор и просушивают его, а на противоположную — чистый или подкрашенный керосин. При наличии дефекта на меловой поверхности будут видны границы и характер дефекта.

**Ультразвуковая дефектоскопия** (ГОСТ 14782—86) применяется для контроля сварных швов, сплошности основного металла деталей (наличие трещин, расслоений, раковин, пор, неметаллических включений и т. п.) и степени уменьшения толщины стенки детали от коррозии. Принцип этого метода состоит в том, что при наличии несплошности ультразвуковые волны, проходя через материал, отражаются от границы дефекта, возвращаются к источнику ультразвука и фиксируются на экране дефектоскопа в виде всплеска. И чем дефект больше, тем выше пик всплеска.

Как видим, данный метод сложнее и дороже предыдущего: он требует специальных ультразвуковых импульсных приборов, которые наша промышленность и выпускает. Это дефектоскопы УД2-70, А-1212, толщиномеры ТУЗ-1, ТУЗ-2, КРМ-Ц-Дельта, МИТ-1/2, ЭМАТ-100.

**Магнитопорошковая дефектоскопия** (ГОСТ 24450—80) служит тоже для выявления нарушения сплошности в деталях, которые изготовлены из материалов, спо-

собных намагничиваться. В качестве индикатора здесь используют магнитные порошки (магнитолюминесцентные, магниторадиоактивные и др.).

Метод позволяет выявить трещины в сварных швах, надрывы металла в различных деталях — таких, как оси, валы, шестерни, пальцы, штоки гидро- и пневмоцилиндров. Его суть — намагничивание детали или ее участка и нанесение на контролируемое место железных опилок в виде порошка (сухой способ) или сuspензии, содержащей мелкие частицы намагничивающегося металла (мокрый способ). При наличии трещины или несплошности мелкие частицы намагниченного металла (намагничивание выполняется с помощью дефектоскопических магнитометров типа МФ-23ИМ, МДС-2М) располагаются по границам дефекта.

Магнитопорошковое диагностирование наиболее эффективно для выявления дефектов в деталях, имеющих форму намагниченных циркулярно тел вращения (цилиндры, трубы и т. п.).

Вихревая дефектоскопия (ГОСТ 24289—80) основана на анализе взаимодействия внешнего электромагнитного поля с электромагнитным полем вихревых токов, наводимых возбуждающей катушкой в электропроводящей детали. Главное достоинство этого способа состоит в том, что контроль можно проводить без контакта измерительного вихревого преобразователя и детали (зазор между ними может достигать нескольких миллиметров). Существенно и то, что на сигналах преобразователя практически не влияют влажность, давление, радиоактивные излучения, загрязнение поверхности детали токонаправляющими веществами. Главный недостаток метода состоит в том, что он годен для выявления трещин, непроваров, расслоений, раковин, пор и других несплошностей только на ровных поверхностях деталей. На что, в общем-то, и рассчитаны серийные вихревые дефектоскопы ВД-89НМ, ВД-12НФМ, ВД-12НФП и др.

**Рентгено- (ГОСТ 7512—82) и гаммаскопия** (ГОСТ 23764—79), применяется для обнаружения в деталях и сварных швах трещин, непроваров, раковин, пор, шлаковых включений и других дефектов. Причем с фиксацией их размеров, местоположения (координат) и числа. Принцип его действия основан на неравномерном проникновении рентгеновских (или гамма) лучей через контролируемое изделие: если материал без дефектов, лучи частично поглощаются им; если проходят через пустоту (трещину, равнину, пору), — не поглощаются. В результате до фиксирующей фотопленки доходит больше или меньше энергии. Поэтому на ней в местах наличия дефекта появляются затемнения.

В качестве оборудования, с помощью которого реализуется данный метод, используются рентгенотелевизионные интроскопы РИ-61Т, РИ-82Т, а также портативный рентгеновский аппарат "Сарма".

Метод очень эффективен для контроля сварных швов. Причем обычно просвечиванию подвергают не менее 25 % длины шва. Перед просвечиванием соответствующие участки сварного соединения должны быть промаркированы с таким расчетом, чтобы их можно было легко обнаружить на контрольных снимках.

**Методом акустической эмиссии (ГОСТ 23829—85) выявляют трещины, надрывы и расслоения металла изделий. Он основан на свойствах металлической конструкции изменять звуковой фон при наличии скрытых разрушений в металле. По характеру звукового сигнала и его изменению, регистрируемому прибором (дефектоскопом АД-40М, АД-64М или ИД-91М),**

судят о наличии трещин и местах их расположения.

Выбор метода для контроля качества деталей и выявления их дефектов осуществляется исходя из назначения детали, ее размеров, формы, местоположения на автомобиле и материала, из которого она изготовлена.

УДК 629.1.075

## НЕКОТОРЫЕ ПРИЧИНЫ ПОТЕРИ УПРАВЛЯЕМОСТИ АВТОМОБИЛЕМ

Б.Ф. ЛАПТЕВ

Пожалуй, ни одна из причин совершения ДТП по тяжести последствий не может сравниться с потерей управляемости автомобилем. И хотя наша статистика не ведет такого учета, опыт говорит о том, что потеря управляемости не такое уж редкое явление. Правда, установить его довольно сложно: потеря управляемости может быть обусловлена несколькими причинами. В связи с чем автоинспекторы, составляя протокол о совершении ДТП, в графе "причина" обычно пишут: "водитель не справился с управлением". Кроме того, расследование ДТП — задача довольно трудная как с юридической, так и с технической точек зрения. Ведь время, в течение которого можно наблюдать происшествие, исчисляется долями секунды, и свидетели не всегда правильно воспринимают обстоятельства, имеющие решающее значение для установления причин и выявления виновных. Мало того, быстро меняющаяся дорожная ситуация иногда вызывает у свидетелей часто противоположные мнения. Но задача эта решаемая. Например, многочисленными исследованиями, проводимыми различными организациями в разных странах, доказано: из всех видов транспорта наиболее опасным, уносящим наибольшее число человеческих жизней, считается транспорт автомобильный. Причем в ДТП гибнут не только пассажиры, но, как показывает статистика, примерно половина погибших — пешеходы, оказавшиеся на дорогах. Поэтому сейчас во всех развитых странах введены жесткие ограничения скорости движения АТС. И не случайно: большинство ДТП, о которых пишется "водитель не справился с управлением", происходят именно на больших скоростях. Причем, как правило, тогда, когда на высокую скорость "накладывается" одна из причин потери управляемости. А таких причин всего пять.

Первая из них — нарушение продольной устойчивости автомобиля. Типичный пример — размещение большей части тяжелого груза в задней части кузова. Такая укладка значительно снижает давление управляемых колес на полотно дороги, а следовательно, и их сцепление с ним. В результате уже на скорости ~50 км/ч управляемые колеса начинают отрываться от полотна, делая автомобиль неуправляемым.

Такие случаи встречаются в "часы пик" даже с пассажирскими автобусами, когда водитель перед отъездом не успевает закрыть заднюю дверь и в нее (часто на ходу) входит столько людей, сколько может вместить задняя площадка (задний свес).

Кроме того, перевозки пассажиров добавляют еще один немаловажный факт, оказывающий влияние на безопасность движения. Дело в том, что у автобуса, в котором заняты все сидячие места, поднимается центр масс, ухудшая его устойчивость как в продольном, так и в поперечном направлениях. То же самое дает и размещение тяжелых вещей пассажиров на верхних багажных полках.

Особенно опасна продольная неустойчивость полуприцепов при проведении их погрузочно-разгрузочных работ без тягача, когда в кузов въезжает автопогрузчик с грузом на видах: были случаи опрокидывания полуприцепов вокруг заднего моста.

Вторая причина — движение автомобиля с большой скоростью по мокрому асфальту, особенно при дожде. В этом случае под передними управляемыми колесами моментально возникают водяные клиньи (рис. 1), которые приподнимают переднюю часть автомобиля, отрывая протекторы шин от полотна дороги, т. е. автомобиль становится неуправляемым. Причем чем выше скорость, тем больше величина клиньев. Что и подтверждает табл. 1, в которой приведены данные, характеризующие влияние скорости, типа покрытий дорог и их состояния на коэффициент сцепления шин с дорожным полотном. Из нее следует, что даже на сухом асфальте изменение скорости с 10 до 80 км/ч снижает коэффициент сцепления на 23—47 %, а на мокром — на 32—49 %.

Третья причина — резкое, до "юза", торможение. При заблокированных передних колесах автомобиль становится неуправляемым, а тормозится гораздо слабее, чем в случае торможения при вращающихся колесах. Вот почему опытные водители на педаль тормоза нажимают так, чтобы не допустить блокирования колес. Причем усилие создают с учетом скорости движения автомобиля и состояния дорожного полотна. Например, на скользкой дороге применяют так называемое импульсное торможение.

Четвертая причина — недостаточный учет водителями собственных возможностей и возможностей техники. В частности, времени собственной реакции на возникающие изменения дорожной обстановки. А ведь от этого времени напрямую зависит длина тормозного пути, следовательно, возможность выполнения торможения без опасности потери управления. Причем далеко не все знают, что время реакции даже у одного и того же человека может изменяться довольно в большом

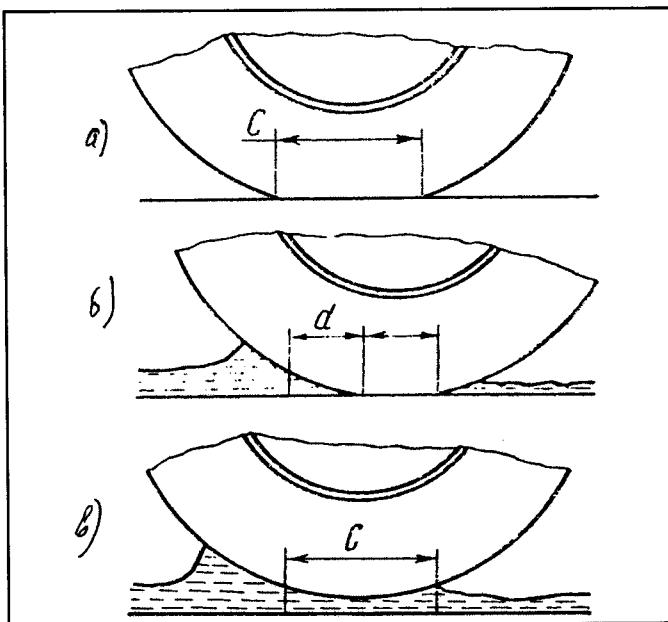


Рис. 1. Схема образования водяных клиньев под протекторами шин управляемых колес автомобиля при увеличении (а, б, в) скорости его движения

диапазоне — от 0,2 до 2 с, т. е. в 10 раз. Все зависит от его состояния. Кроме того, водитель должен учитывать и время срабатывания тормозного привода: у грузовых автомобилей с пневматическими тормозами оно составляет 1,5 с, а с гидравлическими — 0,5 с, у легковых с гидравлическими тормозами — 0,2 с. В результате и появилась формула, с помощью которой при анализе каждого ДТП определяется длина  $S_0$  тормозного пути:

$$S_0 = (t_1 + t_2 + 0,5t_3) \frac{v_a}{3,6} + \frac{K_3 v_a^2}{254\varphi \pm i},$$

где:  $t_1$  — время реакции водителя;  $t_2$  — время срабатывания тормозного привода;  $t_3$  — время нарастания замедления;  $K_3$  — коэффициент эксплуатационных условий торможения, учитывающий наличие атмосферных осадков в момент торможения и состояние дорожного покрытия (наличие льда, утрамбованного снега, влажности грунтовой дороги или асфальта и т. п.);  $\varphi$  — коэффициент сцепления шин с дорожным покрытием;  $i$  — величина дорожного уклона в долях единицы;  $v_a$  — скорость движения автомобиля перед началом торможения.

В данную формулу, как видим, дважды входит скорость  $v_a$  движения автомобиля перед началом торможения, причем не только взятая в первой степени, но и возведенная в квадрат, что, опять-таки, говорит об очень сильной зависимости от нее длины тормозного пути.

Пятая причина — "опьянение" скоростью. Комфортабельность современных скоростных легковых автомобилей создает иллюзию безопасности, особенно у молодых водителей. Такой водитель видит в новом легковом автомобиле с мощным двигателем, мягкой успокаивающей подвеской ощущение личной свободы, который, как ему кажется, делает его могущественным, всесильным. Причем признаки легкого "опьянения", как показывают исследования, начинают появляться уже на скорости 80 км/ч, и с ее ростом они усиливаются.

Кроме того, такое состояние обостряют хорошая работа кондиционера, монотонный и едва слышимый шум двигателя при движении автомобиля на прямой передаче, однообразная лента дороги и т. д. В результате на какое-то мгновение водитель может задремать и потерять управление автомобилем. Что оказывается достаточным для выезда на встречную полосу движения со всеми вытекающими отсюда последствиями. О чем свидетельствует статистика ДТП: именно скоростные комфортабельные легковые автомобили прочно удерживают первое место по частоте ДТП с их участием.

Таким образом, все говорит о том, что высокие скорости движения — главное " зло" современного дорожного движения с точки зрения числа ДТП и тяжести их последствий. Это уже поняли во многих странах, где для оценки степени безопасности на автомобильных дорогах принят показатель, который называется индексом погибших. Он характеризует число погибших в автомобильных катастрофах, приходящееся на 100 млн км пробега всех автомобилей страны (региона) за

Таблица 1

Скорость движения автомобиля, км/ч	Значения коэффициента сцепления колес с дорогой в зависимости от скорости движения автомобиля и состояния дороги	
	сухое асфальтированное шоссе	мокрое асфальтированное шоссе
10	0,95—0,87—0,75	0,73—0,58—0,43
20	0,88—0,79—0,66	0,69—0,52—0,39
30	0,83—0,72—0,59	0,65—0,48—0,35
40	0,81—0,69—0,55	0,60—0,44—0,32
50	0,79—0,65—0,50	0,57—0,40—0,29
60	0,77—0,62—0,47	0,54—0,37—0,26
70	0,75—0,50—0,43	0,52—0,35—0,24
80	0,73—0,58—0,40	0,50—0,33—0,22

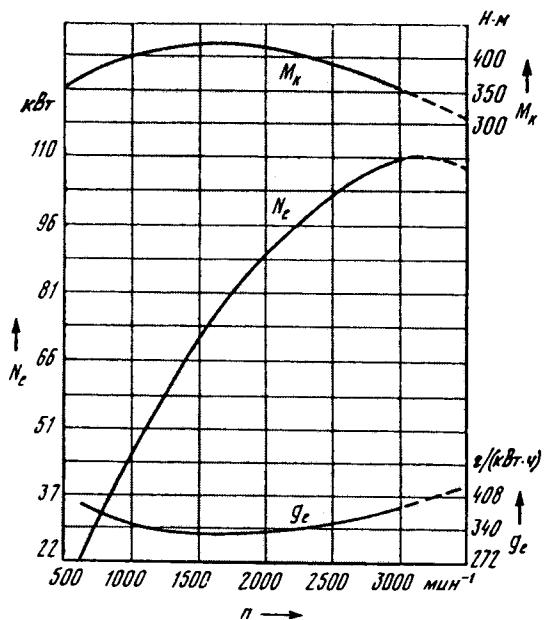


Рис. 2. Скоростная характеристика двигателя ЗИЛ-130

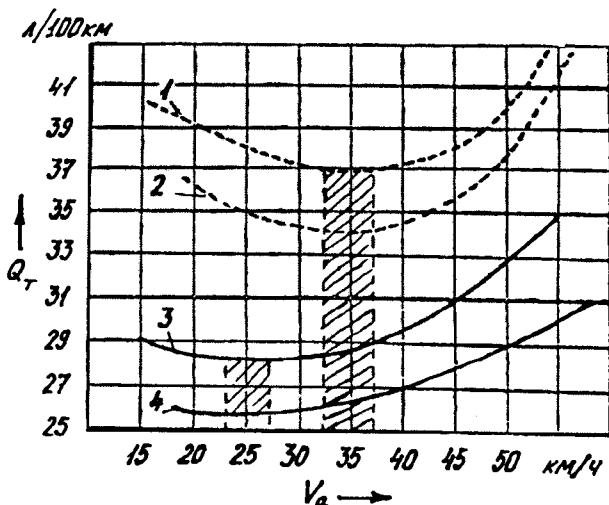


Рис. 3. Экономические характеристики при движении автомобиля ЗИЛ-150:

1 — на четвертой передаче с прицепом; 2 — на пятой передаче с прицепом; 3 — на четвертой передаче без прицепа; 4 — на пятой передаче без прицепа

год. Для того, чтобы пользоваться этой международной единицей, нужны методика ее расчета и соответствующие данные (статистика). И когда все это будет, органы власти для своевременного предупреждения ДТП могут просчитывать индекс погибших за месяц, квартал или полугодие, год и с учетом тенденции его изменения вырабатывать соответствующие меры. И одна из таких мер, как сказано выше, — жесткие ограничения скорости движения.

Ограничение максимальных скоростей движения положительно сказывается не только на индексе погибших в ДТП, но и почти на трети сокращает расход топлива автомобилем, т. е. выгодно и экологически, и экономически. Между тем водители, как правило, на дорогах значительно превышают экономическую скорость, указанную на скоростной характеристике двигателя автомобилей (пример такой характеристики, для двигателя ЗИЛ-130, приведен на рис. 2). В результате расход топлива и выбросы вредных веществ в атмосферу растут, безопасность движения снижается, число погибших и раненых

Количество выпитого алкоголя, г	Количество алкоголя в крови, г/л	Увеличение времени реакции водителя, раз	Реакция организма водителя
50	0	5	Доволен собой, исчезает бдительность, ухудшается чувство дистанции, теряется адаптация к темноте, появляется ирриготь
75	1,25	12	Появляется эйфория, начинает переоценивать свои возможности, теряет чувство дистанции, появляется агрессивность
100	1,66	25	Сильно замедляется деятельность мозга, реакции нарушаются, автомобиль ведет интуитивно
150	2,50	100	Свои действия не контролирует, автомобиль неуправляем
200	3,33	—	Переход в коматозное состояние, автомобиль превращается в орудие убийства

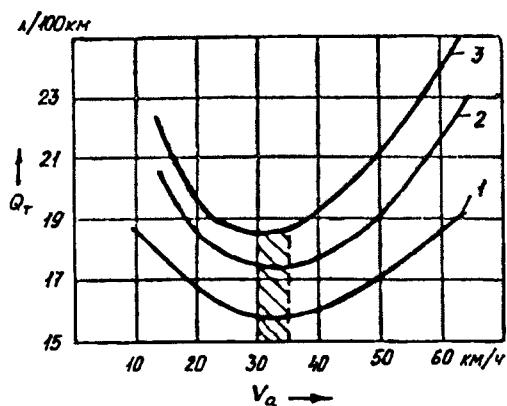


Рис. 4. Экономические характеристики автомобиля ГАЗ-51 с различными полезными нагрузками при движении по асфальтированному шоссе:

1 — без груза; 2 — груз 2,5 т; 3 — груз 3 т

УДК 681.5.017

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ПРОФИЛЯ ДОРОГИ И ЕГО СОСТАВЛЯЮЩИХ

Кандидаты техн. наук В.И. ПЕТЬКО и В.Е. КУКОНИН, А.М. САМУТА

ГНУ "Объединенный институт машиностроения" НАН Беларусь

Интерес к исследованию продольных макро-, микропрофилей дорог, а также шероховатости их поверхности неслучен: в основном только он является причиной колебаний автомобиля при его движении. Однако это исследование — довольно сложное, поскольку продольный профиль представляет собой случайный процесс в виде ансамбля пространственных реализаций. Причем в качестве аргумента здесь выступает не время  $t$ , как в других случайных процессах, а продвижение  $l$  вдоль дороги.

Для описания такого процесса требуется огромное число реализаций продольного профиля, начинающихся в различных начальных точках множества дорог (поперечное сечение), которые принимаются за начало отсчета ансамбля реализаций. Кроме того, описание процесса возможно только неслучайными величинами — средними значением, мощностью, корреляционной функцией и др., вычисленными по ансамблю реализаций.

Но решение можно упростить, если учесть, что поскольку процесс эргодический, то усреднение по ансамблю можно заменить усреднением по продвижению. Тогда для получения неслучайных статистических характеристик достаточно исполь-

зовать одну длинную реализацию продольного профиля на любом произвольном участке одной дороги. Правда, для этого необходимо знать комплексный (амплитудный и фазовый) спектр продольного профиля и учитывать, что спектр случайного процесса может быть задан только энергетически, а не зависимостями от частоты амплитуд и фаз, как в случае детерминированного процесса.

Авторы учили все перечисленные особенности. В частности, в качестве энергетического спектра использовали спектр мощности, который представляет собой распределение мощности процесса по частотам и вычисляется с помощью быстрого преобразования Фурье. (В последнем шаг по частоте равномерный, а мощность  $k$ -й гармоники равна  $a_k^2 + b_k^2$ , где  $a_k$ ,  $b_k$  — коэффициенты быстрого преобразования Фурье.) Однако полученный из одной длинной реализации продольного профиля дороги спектр мощности — несостоительная спектральная оценка, поскольку при увеличении длины реализации она не становится более устойчивой, т. е. не сходится в каком-либо статистическом смысле к предельному значению при длине реализации, стремящейся к бесконечности. Поэтому для получения состоятельной оценки применена операция усреднения спектра, полученного на различных участках длинной реализации.

Формально использование быстрого преобразования Фурье для получения спектра временного процесса почти не отличается от использования его для получения пространственного спектра профиля дороги: если в первом случае под вход-

ным массивом  $x(n)$  подразумеваются дискретные временные отсчеты процесса, то во втором — дискретные пространственные отсчеты профиля дороги. Но при использовании быстрого преобразования Фурье для исследования профиля дороги есть одна сложность — правильный выбор интервала  $\Delta l$  дискретизации. Дело в том, что в настоящее время научно обоснованных рекомендаций по выбору  $\Delta l$  нет. Ведь именно от  $\Delta l$  и разрядности аналого-цифрового преобразователя зависит точность цифрового представления аналогового сигнала. Например, в асфальтобетонных дорогах для увеличения коэффициента  $\varphi$  сцепления добавляют щебенку со средними размерами зерен, равными 16 мм. В результате в профиле дороги появляются короткие волны.

Процедура разложения профиля дороги на гармонические составляющие заключается в следующем.

1. Задается, исходя из физических соображений, минимальная длина  $\lambda_m$  пространственной гармонической волны (в случае добавки щебенки  $\lambda_m = 16$  мм).

2. Значение  $\Delta l$  выбирается по соотношению  $\Delta l = \lambda_m/4$ .

3. Каким-либо из известных способов через интервал  $\Delta l$  определяются отсчеты  $x(n)$  продольного профиля дороги.

4. Выполняется быстрое преобразование Фурье от полученного дискретного массива.

В результате реализации этой процедуры исследователь получает спектр пространственных гармонических волн продольного профиля дороги. При этом первая гармоника быстрого преобразования Фурье будет соответствовать пространственной гармонической волне длиной  $L$  ( $L$  — длина мерного участка дороги); вторая — длиной  $L/2$ ; третья —  $L/3$  и т. д., вплоть до  $\frac{L}{N/2}$  ( $N$  — размерность быстрого преобразования Фурье).

Особое место в спектре занимает нулевая гармоника: она соответствует гармонической волне бесконечно большой длины (постоянная составляющая профиля). Причем в общем случае отбрасывать ее нельзя, так как она "равноправна" со всеми другими гармониками и всегда участвует в формировании профиля дороги.

Как видим, в рассмотренном алгоритме разложения продольного профиля дороги на гармонические волны сделан переход от пространственных частот  $f_n$  к пространственным дли нам волн  $\lambda$ . Поэтому что, во-первых, это более наглядно отражает сущность разложения продольного профиля дороги на гармонические волны; во-вторых, сделав обратное преобразование Фурье для соответствующих номеров гармоник, можно получить макро-, микропрофиль или шероховатость дороги.

Теперь о самом процессе моделирования профилей дороги.

Допустим, что имеется линейный профиль дороги, дискретизированный с интервалом  $\Delta l$  метров в виде массива чисел  $D$ . И нужно смоделировать ее макро- и микропрофили, а также шероховатость. Для чего следует выполнить ряд вполне определенных действий.

1. Задать длиной  $N$  из ряда чисел  $2^r$  ( $r = 6, 7, \dots$ ), где  $(N < D/4)$  — число кусков профиля дороги, на которые он будет разбиваться. При этом размерность  $N$  выбирается исходя из того, чтобы мерный участок  $N\Delta l$  попадал в область макропрофиля.

2. По формуле  $M = [D/N]$  — получить число  $M$  одинаковых по протяженности кусков профиля дороги.

3. Выполнить  $N$ -точечное быстрое преобразование Фурье над первым куском дороги, получив тем самым массив чисел  $a_k^{(1)}, b_k^{(1)}$ , где  $a_k^{(1)}, b_k^{(1)}$  — коэффициенты быстрого преобразования Фурье, у которых число в верхнем индексе означает, какому куску по порядку эти коэффициенты принадлежат ( $k = 1 \dots N$ ).

4. По формуле  $P_1(k) = [a_k^{(1)}]^2 + [b_k^{(1)}]^2$  (здесь  $k = 1 \dots N/4$ ) получить спектр мощности первого куска дороги и запомнить его.

5. Повторить п. 3 применительно по второму куску дороги и по формуле  $P_2(k) = [a_k^{(2)}]^2 + [b_k^{(2)}]^2$  — получить спектр мощности этого куска и тоже запомнить его.

6. Повторять такие же действия по формуле  $P_M(k) = [a_k^{(M)}]^2 + [b_k^{(M)}]^2$  вплоть до получения мощности  $M$ -го куска.

7. По формуле  $\bar{P}(k) = \frac{1}{M} [P_1(k) + P_2(k) + \dots + P_M(k)]$  — найти среднее  $\bar{P}(k)$  значение спектра мощности профиля дороги, а по формуле  $A(k) = \sqrt{\bar{P}(k)}$  — амплитудный спектр профиля.

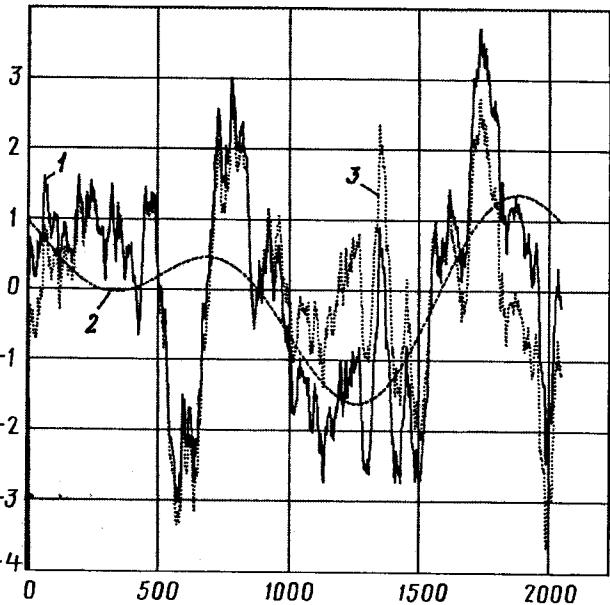
8. С помощью алгоритма Райса—Пирсона — сгенерировать по формуле  $x(n) = 2 \left\{ \sum_{k=1}^{N/4} A_k \cos \left[ \frac{2\pi}{N} nk + \varphi_k \right] \right\}$  профиль дороги с заданным амплитудным спектром. (Здесь  $n = 0 \dots (N-1)$ ,  $\varphi_k$  — случайная фаза, равномерно распределенная в диапазоне от нуля до  $2\pi$ .) Меняя  $\varphi_k$  и оставляя без изменения  $A(k)$ , можно сгенерировать огромное число профилей дороги с заданным амплитудным спектром.

9. Сгенерировать по формуле  $x_1(n) = 2 \left\{ \sum_{k=1}^{S_1} A_k \cos \left[ \frac{2\pi}{N} nk + \varphi_k \right] \right\}$  ( $S_1 = \left[ \frac{N\Delta l}{100 \text{ м}} \right]$ ) макропрофиль дороги.

10. Сгенерировать по формуле  $x_2(n) = 2 \left\{ \sum_{k=S_1+1}^{S_2} A_k \cos \left[ \frac{2\pi}{N} nk + \varphi_k \right] \right\}$  ( $S_2 = \left[ \frac{N\Delta l}{0,1 \text{ м}} \right]$ ) микропрофиль дороги. При этом, как видим, постоянная составляющая (нулевая гармоника) не учитывается.

11. Сгенерировать по формуле  $x_3(n) = 2 \left\{ \sum_{k=S_2+1}^{N/4} A_k \cos \left[ \frac{2\pi}{N} nk + \varphi_k \right] \right\}$  шероховатость дороги.

Для проверки работоспособности алгоритма авторы взяли длинную реализацию профиля асфальтобетонной дороги, предоставленную им РУП "Белдорцентр" и уже продискрети-



Продольный профиль асфальтобетонной дороги и его составляющие:

1 — продольный профиль; 2 — микропрофиль; 3 — макропрофиль (масштаб по оси ординат: 1146 машинных единиц соответствуют 0,1 мм, масштаб по оси абсцисс: одна машинная единица соответствует 0,1 м)

зированную там с интервалом  $\Delta l = 0,1$  м. Поэтому они не смогли анализировать и генерировать длины волн короче 0,4 м, т. е. не смогли попасть в область шероховатости. В связи с чем приведенной выше формулой для вычисления шероховатостей пользоваться пока смысла нет. Формулы же для моделирования профиля и макропрофиля остаются без изменения, а в формуле для моделирования микропрофиля верхний предел должен быть изменен, т. е. нужно брать  $N/4$ .

Таким образом, по имеющейся длинной реализации профиля дороги, продискретизированной с интервалом  $\Delta l = 0,1$  м, авторы получили (см. рисунок) модель профиля дороги, начи-

ная с волн длиной более 100 м и кончая волнами длиной 0,4 м, т. е. не доходя до области шероховатости, которая начинается с волн длиной 0,1 м и менее. Шероховатость же при таком интервале дискретизации (0,1 м) получить нельзя. Однако уже то, что удалось получить модель профиля асфальтобетонной дороги и его составляющих — очень важный для практики результат: модель позволяет генерировать множество реализаций, статистические характеристики которых близки к статистическим характеристикам дороги. Реализаций, которые необходимы для испытания и доводки разрабатываемых автомобилей на виртуальных полигонах и реальных вибростендах.



## ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

УДК 621.785.532

### НИЗКОТЕМПЕРАТУРНАЯ НИТРОЦЕМЕНТАЦИЯ КАК СПОСОБ ПОВЫШЕНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ СВОЙСТВ ДЕТАЛЕЙ, ВОССТАНОВЛЕННЫХ ЖЕЛЕЗНЕНИЕМ

Д-р техн. наук В.И. КОЛМЫКОВ, канд. техн. наук И.Н. РОСЛЯКОВ

Курский ГТУ

При восстановлении стальных автомобильных деталей, имеющих относительно небольшие (0,3—0,5 мм) износы, наиболее широко применяется электролитическое железение. Потому что этот способ отличается высокой производительностью, простотой, невысокой стоимостью оборудования и материалов, возможностью одновременного ремонта большого числа деталей и автоматизации процесса. Однако он, к сожалению, имеет и ряд недостатков. В частности, восстановленные с его помощью детали обладают низкой усталостной прочностью, нанесенный слой слабо сцепляется с основой (особенно если основа — легированная сталь) и во многих случаях неизносостойкий. Из-за чего их ресурс, как правило, заметно ниже ресурса новых деталей. В связи с этим их приходится упрочнить.

Методов упрочнения известно много. Но наиболее рациональным считается химико-термическая обработка и, преимущественно, такой ее вид, как нитроцементация. Но вариантов нитроцементации немало, поэтому на практике обычно применяют наиболее простой из них — газовую. Что, по мнению автора, не совсем верно: как показывают результаты выполненного им исследования, стальные детали, восстановленные железением, целесообразнее подвергать нитроцементации в высокоактивном пастообразном карбюризаторе, состоящем, как это рекомендует один из авторов — В.И. Колмыков, из газовой сажи (60 %), железосинеродного калия (30 %) и углекислого калия (10 %).

Технология восстановления стальных деталей такова.

Железные покрытия наносят на детали в хлористом электролите. Электрический ток — переменный асимметричный с коэффициентом асимметрии  $\beta = 6$ ; его катодная плотность — 300—40 А/дм<sup>2</sup>.



Рис. 1

При этом режиме микроструктура железного осадка соответствует рис. 1.

Затем компоненты пасты, находящиеся в порошкообразном состоянии, тщательно перемешивают и разводят в водном растворе карбометилцеллулозы (клей КМЦ) до консистенции густой пасты, которую наносят на детали слоем 1,5—2 мм и высушивают.

Подготовленные таким образом детали помещают в контейнер, заполненный смесью чугунной стружки с сажей, и отправляют в печь, разогретую до заданной температуры, выдерживая его там необходимое время. После чего, как обычно, подвергают термообработке.

Результаты исследований, на основе которых отработана данная технология,



Рис. 2

Материал	Упрочняющая обработка	Микротвердость $H_{\mu 100}$ , МПа	Предел выносливости, $\sigma_{-1}$ , МПа	Интенсивность изнашивания, $10^{-3}$ г/ч
Сталь 30Х	Нормализация	1450	308	11,5
Железное покрытие	—	3605	199	12,2
То же	Нитроцементация при 923 К (650 °C) в течение 3 ч; закалка в воде; отпуск при 423 К (150 °C)	11 885	420	1,9
»	Нитроцементация при 923 К (650 °C) в течение 3 ч; закалка в воде; отпуск при 623 К (350 °C)	10 495	348	2,3

приведены в таблице. Как из нее видно, нитроцементация в пастообразном карбюризаторе радикальным образом изменяет свойства железных электролитических осадков. И при низких, и при высоких температурах она многократно (в 6–7,5 раза) повысила микротвердость покрытий. При этом наивысшая твер-

дость достигается при низкотемпературной нитроцементации с закалкой в воде и отпуском при температуре 423 К (150 °C).

Низкотемпературная нитроцементация не только значительно повышает твердость железного покрытия (т. е. увеличивает его предел текучести), но и предел его усталостной выносливости. При-

чем весьма значительно: он, этот предел, оказывается более чем в 2 раза выше аналогичного показателя таких же образцов без нитроцементации, и на 13–36 % выше, чем у нормализованной стали 30Х, основного металла деталей.

Нитроцементованный слой, полученный при температуре 923 К (650 °C), имеет на поверхности тонкую пленку  $\epsilon$ -карбонитрида, под которой на глубину ~0,05 мм простирается зона азотистого аустенита с вкраплениями мелких карбонитридов. Эта зона плавно переходит в структуру железного покрытия, причем само покрытие отделено от основы четкой границей (рис. 2). При закалке нитроцементованного слоя в нем возникают значительные сжимающие напряжения, обеспечивающие его высокую усталостную прочность, а большая твердость карбонитридной корки и нижележащих зон — высокую износостойкость.

УДК 621.745:620.197.2 (088.8)

## НАСЛЕДСТВЕННОСТЬ СТРОЕНИЯ И СВОЙСТВ ЧУГУНА ПРИ НАПЛАВКЕ И ТЕРМИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКЕ ТОЛКАТЕЛЕЙ КЛАПАНОВ ДВС

Канд. техн. наук Р.А. БИКУЛОВ, доктора техн. наук М.С. КОЛЕСНИКОВ и В.И. АСТАЩЕНКО

ИНЭКА

Установлена наследственность графитовых включений в наплавленном слое от переплавляемых заготовок из специчугуна. Показана возможность управления структурным состоянием и качеством наплавленного слоя за счет технологических параметров наплавки и термической обработки деталей. Предложены пути повышения износостойкости специчугуна.

**R.A. Bikulov, M.S. Kolesnikov, V.I. Astashchenko**

**Cast iron structure and properties heredity at building-up and thermal processing of valve tappets**

*The heredity of graphite inclusions in built-up layer from remelting special cast iron billets is established. Structural condition and quality control opportunity of built-up layer due to technological parameters of building-up and thermal processing of details is shown. Ways of special cast iron wear resistance enhancement are offered.*

Надежность пары "распределительный вал—толкатель", очевидно, находится в прямой зависимости от работоспособности двух поверхностей — кулачка и торца толкателя клапана. Причем поверхностей, выполненных из разнородных материалов: у вала она — стальная закаленная и цементованная, а у толкателя — чугунная.

Не останавливаясь на кулачках вала, поскольку эпопея с ними на автомобилях ВАЗ наделала в свое время много шума и удачно завершилась, обратимся к поверхности толкателя, которая представляет собой специальный чугун, наплавленный на стальную основу.

К этой наплавке предъявляются довольно жесткие требования по твердости (не менее 61 HRC) и структуре (ледебурит и участки мартенсита с остаточным аустенитом). Присутствие же цементита и точечного, равномерно распределенного графита допускается в очень небольших количествах. Тем не менее опыт показывает: даже при выполнении этих требований толкатели в эксплуатации имеют неодинаковую стойкость (неравномерный износ, выкрашивание и т. д.), что заставило специалистов изучить данную проблему более внимательно.

В итоге было установлено: стабильность отдельных элементов структурного состояния чугуна на детали (таких, как графитовые включения) достигается не всегда. Причем немаловажную роль здесь играет макро- и микростроения, наследуемые от литой заготовки, которая используется для наплавки торца толкателя клапана.

Такова чисто качественная картина. Но она лишь объясняет факты, но не дает "рецептов" ее улучшения — для этого нужны характеристики в координатах "качество—количество". И чтобы их получить, авторы провели специальное исследование.

В качестве его объекта был взят торец серийного толкателя клапана (рис. 1), наплавленного чугуном следующего состава: 3,1–3,4 % С, 2,10–2,35 % Si, 0,8–1,0 % Mn, 0,40–0,75 % Ni, 0,40–0,60 % Mo, <0,1 % S и <0,2 % P. Для наплавки использовали литые заготовки диаметром 10 и длиной 48 мм, масса которых составляла 27–28,5 г. Наплавку осуществляли на установке УНТ-1 с нагревом ТВЧ стальной части детали до 1373 К (1100 °C), а литой заготовки из чугуна — до 1523 К (1250 °C). После наплавки детали охлаждали водой, подаваемой в их внутреннюю полость под давлением 0,1–0,2 МПа (1–2 кг/см<sup>2</sup>). Оксидировали детали в шахтной печи при температуре 723 ± 5 К (450 ± 5 °C) в течение четырех часов в увлажненной азотной атмосфере. Что же касается методологии макро- и

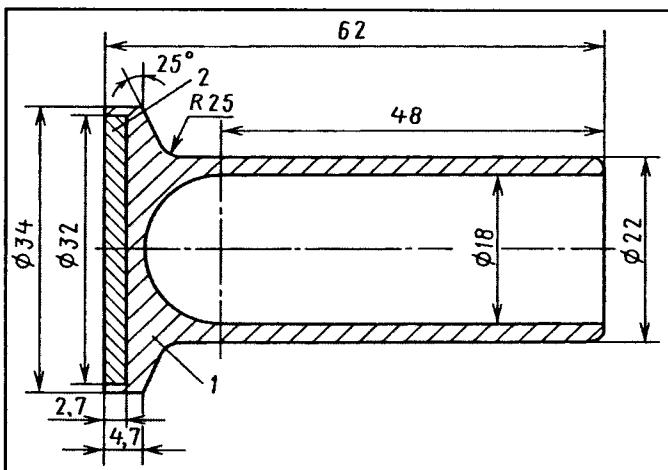


Рис. 1. Толкатель клапана:  
1 — сталь 35; 2 — специальный чугун

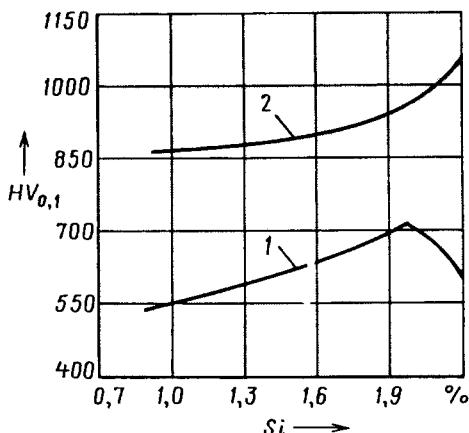


Рис. 2. Изменение микротвердости мартенсита (1) и ледебурита (2) в зависимости от содержания кремния в чугуне наплавленного слоя толкателя (давление воды — 0,12 МПа, или 1,2 кгс/см<sup>2</sup>)

микроисследований, то она базировалась на стандартных методах контроля и испытаний.

Исследования показали: применяемый в настоящее время для наплавки специальный чугун обладает хорошей износостойкостью. Но долговечность выполненных поверхностей ограничена макро- и микродефектами — скопления графитовых включений, поры, трещины, немартенситные продукты превращения и остаточный аустенит. В связи с этим несомненный интерес, по мнению авторов, должны представлять вопросы, касающиеся именно наследственности структуры и свойств сплава после его переплава. Изучив факты, авторы пришли к выводу: самое существенное влияние на интересующие двигателестров свойства специального чугуна оказывает содержание кремния как одного из основных графитизирующих элементов. В частности, на структуру металлической основы и состояния графитовых включений в наплавленном слое, сформированном с большой скоростью кристаллизации и последующего охлаждения переплавленного чугуна. Например, установлено, что при изменении содержания кремния в чугуне от 0,98 до 2,2 % твердость наплавленного слоя, структура которого состоит из цементита, ледебурита, мартенсита, остаточного аустенита и включений графита, практически не меняется (60—61 HRC). Причем при его содержании, равном 0,98 и 1,3 %, в сплаве наблюдаются измельчение мартенсито-аустенитных участков и количество остаточного аустенита не превышает 3—5 %. Но при повышении доли кремния до 2,2 % в чугуне, наряду с точечным, равномерно распределенным графитом, начинает выделяться эвтектический (в виде розеток) графит.

Заметное влияние кремний оказывает и на свойства структурных составляющих в наплавленном чугуне. Так, увеличение его содержания с 0,98 до 2,2 % способствует повышению до ~1080 HV микротвердости ледебурита (рис. 2).

Что же касается мартенсита, то связанное с ним максимальное значение микротвердости наблюдается при содержании в наплавленном слое 1,95 % кремния. И любые изменения этой цифры снижают микротвердость мартенсита.

Очень интересные как с практической, так и с теоретической точек зрения дали результаты исследования формы графита и его распределения в литьх заготовках. Так, установлено: температурный режим переплавки заготовок и выдержки металла в жидкоком состоянии заметно влияют на характер графитовых включений в наплавленном слое толкателя клапана. Что дает основание утверждать: этим явлением можно управлять путем изменения технологических параметров процесса наплавки (табл. 1). И управлять целенаправленно. Дело в том, что присутствие пластинчатого и розеточного графита в заготовках не только снижает их твердость, но и сохраняет нежелательное состояние графита в наплавленном слое. Причем

независимо от температуры и времени кипения чугуна. Но наличие точечного с включениями розеточного графита в белом чугуне способствует повышению твердости заготовок до 46—54 HRC, и такое состояние графита сохраняется в наплавленном слое, если температура кипения чугуна составляет 1503 К (1230 °C) и ниже. Увеличение времени выдержки сплава в жидкоком состоянии при этой температуре до 12 с, как и увеличение температуры кипения чугуна до 1503 К (1250 °C) благоприятствуют растворению скоплений графита и равномерному распределению точечных его выделений в структуре наплавки.

Таким образом, полученные авторами результаты хорошо согласуются с мнением известных ученых, которые писали о том, что одним из эффективных методов управления наследственностью является переплавка чугуна с последующим пегревом.

Заметное влияние на свойства специального чугуна оказывает процесс охлаждения деталей после наплавки. Так, уменьшение давления подаваемой внутрь детали воды (с 0,12 до 0,04 МПа, или с 1,2 до 0,4 кгс/см<sup>2</sup>) снижает микротвердость мартенсита до 504—530 HV при сохранении микротвердости ледебурита на уровне 1000—1100 HV. Но выход здесь есть. Для повышения микротвердости мартенситной составляющей

Таблица 1

Состояние графита в литьх заготовках	Твердость, HRC	Температура наплавки, К (°C)	Время кипения чугуна, с	Состояние графита в наплавленном слое детали	Примечание
Пластинчатый и розеточный	25—49	1473 (1200)	8,0	Пластинчатый и розеточный	Качество процесса кипения чугуна неудовлетворительное
		1503 (1230)	12,0 8,0 12,0	Точечный и единичные включения розеточного (1—2 розеток в поле зрения)	
		1523 (1250)	8,0 12,0	Точечный и единичные включения розеточного (1—2 розеток в поле зрения)	
		1523 (1250)	8,0 12,0	Точечный и единичные включения розеточного (1—2 розеток в поле зрения)	
Точечный и единичные включения розеточного (2—3 розеток в поле зрения)	46—54	1473 (1200)	8,0 12,0	Точечный (2—3 балла)	Точечный (2—3 балла)
		1503 (1230)	8,0 12,0	Точечный (2—3 балла)	
		1523 (1250)	8,0 12,0	Точечный (2—3 балла)	
		1523 (1250)	8,0 12,0	Точечный (2—3 балла)	
Отдельные включения точечного	<50	1473—1523 (1200—1250)	8,0—12,0	Отдельные включения точечного	

Таблица 2

Способ охлаждения	Твердость, HRC		Микроструктура наплавленного слоя	
	стальной основы	наплавленного слоя	основа	графит
Подача воды внутрь детали	45—47	59—60	Цементит + ледебурит + участки мартенсита и аустенита	Точечный и эвтектический
С дополнительным наружным охлаждением	47—50	61—62	То же	Точечный, равномерно распределенный

до 700—725 HV, твердости стальной основы до 47—50 HRC и наплавленного слоя до 61—62 HRC, а также уменьшения глубины залегания пор нужно вводить дополнительное наружное охлаждение под тарелку толкателя клапана после его наплавки (табл. 2). Кроме того, такой прием дает и дополнительный эффект: в результате ускоренного охлаждения происходит направленная кристаллизация сплава по всему объему наплавленного слоя и создаются положительные условия для стабильного формирования точечного равномерно распределенного графита в наплавке.

Важная роль для качественной наплавки принадлежит чистоте используемых заготовок. Загрязненная поверхность переплавляемой заготовки — одна из причин не только образования пор, но и изменения глубины их залегания в наплавленном чугуне. Аналогичное действие оказывает также и повышение температуры жидкого металла перед наплавкой. Но очистка поверхности заготовок в течение 20 мин путем пескоструйной обработки в сочетании с повышением скорости кристаллизации и охлаждения деталей существенно уменьшает глубину залегания пор в наплавленном слое (табл. 3).

Дополнительным условием повышения износостойкости деталей может служить повышение противозадирных свойств

Таблица 3

Способ охлаждения	Качество поверхности заготовки	Толщина наплавленного слоя, мм	Глубина залегания пор, мм
Подача воды внутрь детали под давлением 0,12 МПа (1 кгс/см <sup>2</sup> )	Без очистки	4,12	1,12
	Пескоструйная обработка в течение 20 мин	3,84	0,87
С дополнительным наружным охлаждением при том же давлении	Без очистки	4,05	0,67
	Пескоструйная обработка в течение 20 мин	3,80	0,41

УДК 629.113/.115

## ОЦЕНКА ИЗМЕРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЫ ПРИ ОБНАРУЖЕНИИ НЕСООТВЕТСТВИЙ В АВТОМОБИЛЬНОМ ПРОИЗВОДСТВЕ

А.В. КОНЧИЦ

ЗАО "Джи Эм-АВТОВАЗ"

Представлен один из инструментов процедуры обнаружения причин несоответствий в автомобильном производстве — оценивание измерительной системы. Инструмент позволяет оценить достоверность измерительной системы, используемой при замере несоответствия, её способность отличать соответствующую деталь от несоответствующей.

Konchits A. V.

**Measuring system evaluation during nonconformity's root cause investigation in automotive industry**

*One of the tools for nonconformity's investigation procedure in the automotive industry is introduced — measuring system evaluation. The tool evaluates the confidence of the measuring system used for nonconformity's measurement, evaluates the ability of the measuring system to discriminate between conforming and nonconforming parts.*

Соответствие ключевых характеристик продукции требованиям потребителя относится к одному из важнейших условий обеспечения качества, а следовательно, и конкурентоспособности предприятия, в том числе автомобилестроительного. И существует лишь один способ проверки этого соответствия — измерения, которые выполняются с помощью различных устройств и приборов и которые можно объединить одним общим названием — "измерительные системы".

Параметры оксидирования		Толщина оксидированного слоя, (сталь/чугун), мкм, при 150 мин выдержки	Износ, мкм, после 53 ч испытания на стенде
T, К (°C)	расход воды, л/ч		
673 (400)	1,2	5/4	10,5
	1,4	5/4	10,5
723 (450)	0,5	4/2	17,5
	1,0	5/4	11,0
	1,2	5/4	11,5
	1,4	6/5	10,0
	2,0	7/5	19,5 (отслаивание)
773 (500)	1,0	6/4	12,5
	1,2	6/4	13,0
	1,4	7/5	10,0

наплавленного слоя, которые достигаются в результате обработки холодом и термического оксидирования. Причем особого внимания заслуживает технология оксидирования толкателей клапана: например, ее реализация на КамАЗе позволила существенно повысить износостойкость деталей (табл. 4).

Данная технология предусматривает очистку и обезжикивание деталей в горячем 343—353 К (70—80 °C) растворе моющего средства КМ-1, их просушивание, нагрев до 573 К (300 °C) в защитной атмосфере на основе азота, прекращение подачи азота и нагрев до 723 К (450 °C) в увлажненной атмосфере, создаваемой за счет введения в печь 1,0—1,4 л/ч воды в расчете на 1 м<sup>3</sup> рабочего пространства, выдержка в течение 4 ч, охлаждение до 453—473 К (180—200 °C) в этой среде, а затем — на воздухе.

Таким образом, можно считать доказанным, что графитовые включения обладают наследственностью. Но структурным состоянием наплавленного слоя можно управлять за счет технологических параметров наплавки специального чугуна и термической обработки деталей.

Основное требование к таким системам очевидно: они должны обеспечить необходимую и достаточную точность измерений, так как при низкой точности измерительная система не сможет отличить соответствующую деталь от несоответствующей, а очень высокая точность повлечет за собой необоснованные финансовые затраты (в идеальном случае — одинаковый результат при повторных измерениях одной и той же детали).

Пример идеальной измерительной системы приведен на рис. 1: на оси абсцисс отложен результат первого замера детали, а на оси ординат — второго замера одним и тем же инструментом. Через точку пересечения нанесенных на координатную плоскость результатов замеров и начало координат можно провести прямую. И если координаты одинаковы, то она пройдет под углом 45° к осям. Все последующие замеры (при условии, если система идеальна) будут, очевидно, отображаться в виде точек на этой прямой.

Однако в реальных измерительных системах, к сожалению, всегда есть погрешность  $\Delta M$  средства измерения (рис. 2). Поэтому погрешности при двух замерах одной и той же детали дадут окружность с центром на прямой, расположенной под углом 45° к осям, и диаметром, равным  $\Delta M$ .

Примем измерительную систему как идеальную и обозначим отклонения в размере при измерении некоторого числа  $n$  деталей одного и того же назначения. Графически это будет выглядеть множеством точек на прямой, расположенной под углом 45° к осям (рис. 3). Проекция отрезка, ограниченного крайними точками на данной прямой, на любую из осей даст размах  $\Delta P$  того или иного размера деталей. То есть, выполнив два замера каждой детали из некоторой выборки и отобразив

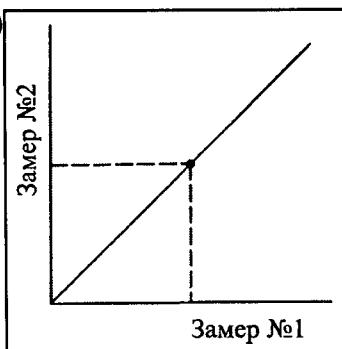


Рис. 1

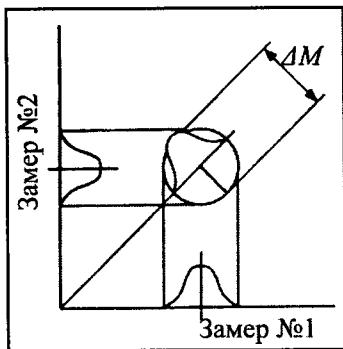


Рис. 2

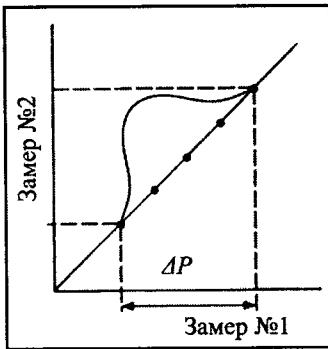


Рис. 3

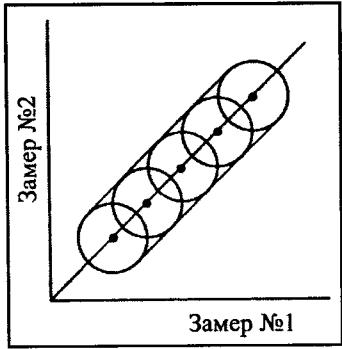


Рис. 4

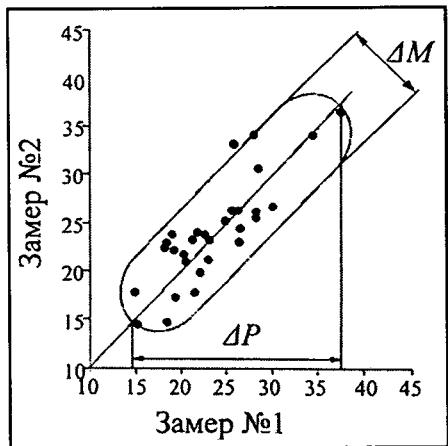


Рис. 5

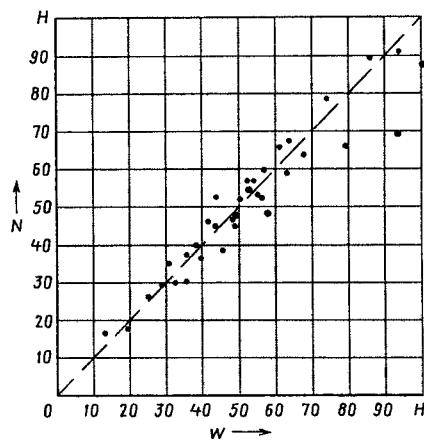


Рис. 6

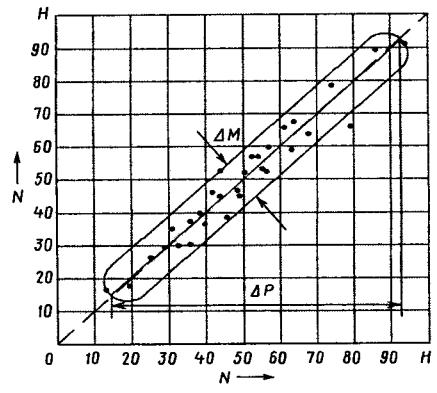


Рис. 7

данные точки на координатной плоскости, получаем овал, характеризующий размах значений из выборки в реальной измерительной системе (рис. 4).

Таким образом, при оценке измерительной системы необходимо взять выборку деталей в 30 шт., замерить каждую деталь по два раза, результат каждого первого замера отложить по оси абсцисс, второго — по оси ординат. По получившимся координатам нанести 30 точек, затем убрать наиболее удаленную от биссектрисы первого квадранта точку как грубую ошибку, а вокруг остальных точек описать овал, из которого графически определить параметры  $\Delta M$  и  $\Delta P$  (рис. 5). Вероятность данного метода:  $(30 - 1)/30 = 0,9667$ , или 96,67 %.

Американский ученый Д. Шайнин экспериментально установил зависимость между  $\Delta M$  и  $\Delta P$ , которая позволяет оцени-

вать возможность использования конкретных измерительных систем для исследования несоответствия, в частности, для отделения соответствующей требованием детали от несоответствующей. Эта зависимость предельно проста:  $\Delta P/\Delta M > 6$ , и если она выполняется, то измерительную систему можно использовать при дальнейших замерах.

Рассмотрим применение данного метода на примере несоответствия "затрудненное перемещение сиденья водителя".

Чтобы определить эффективность измерительного инструмента при исследовании данного несоответствия, замерили усилие  $W$  перемещения сидений 30 автомобилей, причем на каждом автомобиле замеры повторяли дважды (см. таблицу). Затем полученные результаты нанесли (рис. 6) на координатную плоскость (по оси абсцисс — замеры № 1, по оси ординат — замеры № 2), между осями провели биссектрису и отбросили наиболее удаленную от нее точку с координатами (79, 65) как грубую погрешность. Оставшиеся точки вписали в овал и графически нашли вариацию  $\Delta P$  в измеряемых деталях и погрешность  $\Delta M$  измерительного инструмента (рис. 7). Получилось, что  $\Delta P = 78$ ,  $\Delta M = 12$ , а  $\Delta P/\Delta M = 6,5$ . То есть приведенное выше неравенство Шайнина выполняется. Следовательно, измерительная система может использоваться в дальнейшем исследовании несоответствия "затрудненное перемещение сиденья водителя".

Когда же неравенство не выполняется, дальнейшее исследование следует вести относительно нестабильности средства измерения, а не относительно нестабильности измеряемого несоответствия. Таким образом, если в автомобильном производстве возникло какое-либо несоответствие, не следует сразу сосредотачивать усилия на обнаружении разницы между соответствующими и несоответствующими деталями. Оно может быть обусловлено нестабильностью измерительной системы. Поэтому первым шагом любого исследования несоответствия должно быть оценивание измерительной системы.

Автомобиль	Замер № 1	Замер № 2	Автомобиль	Замер № 1	Замер № 2
1	43	44	16	63	67
2	55	53	17	50	51
3	54	56	18	45	38
4	28	29	19	93	90
5	56	52	20	35	37
6	48	44	21	67	63
7	25	25	22	13	16
8	74	78	23	38	39
9	52	56	24	35	30
10	39	36	25	61	65
11	32	29	26	79	65
12	19	17	27	48	46
13	56	59	28	85	89
14	63	58	29	43	52
15	30	34	30	41	46

## НОВЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ РАБОТ В ОБЛАСТИ КЛЕЕВ

Д-р техн. наук Г.В. МАЛЫШЕВА

МГТУ имени Н.Э. Баумана

Как известно, разработки новых клеевых и герметизирующих материалов наиболее интенсивно начались в России в связи с потребностями авиации. Первая специализированная клеевая лаборатория была создана в 1959 г. в ВИАМе. И уже в силу своего первенства, а также достигнутых результатов в области клеев стала в стране ведущей (неслучайно ее руководители на протяжении десятилетий назначались Правительством СССР на должность главного химика страны по клеям). Например, сейчас все Як, МиГ и Су, вертолеты Ми и Ка на 85 % изготавливаются с применением клеевых технологий. Причем площадь клеевых соединений в некоторых из них превышает 3000 м<sup>2</sup>.

Автомобилестроение приступило к освоению клеев несколько позже, в 1970-х годах, когда на крупнейших автоПРЕДПРИЯТИЯХ стали создаваться собственные научно-технические центры, где также были организованы клеевые лаборатории. В настоящее время такие центры уже функционируют на ВАЗе, ГАЗе, КамАЗе и других предприятиях. Причем все они — очень крупные подразделения, где работают от нескольких сотен до тысяч инженеров.

Таким образом, в автомобилестроении получилось так, что развитие клеевых технологий началось "снизу", т. е. с автозаводов, а наука, прежде всего институты РАН, "подключилась" к ним с некоторым опозданием. И еще позднее — вузовская наука.

Между тем в мире (странах ЕС, США, Японии и др.) уже давно существуют ассоциации производителей клеящих и уплотнительных материалов. В России же нет единой структуры, которая бы объединяла интересы разработчиков и производителей клеев. В итоге работы (скажем, Институт химической физики имени Н.Н. Сеченова имеет свою программу, Химико-технологический университет имени Д.И. Менделеева — свою, МГУ имени М.В. Ломоносова — свою) ведутся разрозненно. Правда, в последнее время наметилась хоть какая-то тенденция к объединению. И этому во многом способствует организованный в 2005 г. журнал "Клеи. Герметики", кredo которого: "Мы все разные, но делаем общее дело, работаем на одну страну" и в редакцию которого вошли специалисты всех ведущих российских институтов и университетов, где ведется разработка новых клеев. То есть объединились усилия различных ученых, занимающихся проблемами клеев — синтезируемых компонентов для клеев, разработкой новых технологий, а также созданием новых и совершенство-

ванием уже известных методов испытаний клеевых соединений. И положение начинает меняться в лучшую сторону.

Это объясняется тем, что сейчас по всем трем направлениям работает все больше специалистов. И хотя ведущее место по-прежнему принадлежит ВИАМ, в области синтеза за последние годы произошли существенные изменения. Так, на первые позиции стал выходить частный бизнес: с каждым годом увеличивается число частных предприятий, которые производят клеевые материалы не только для бытового применения, но и для промышленного потребления.

Конечно, они занимаются тем, что приносит быструю и хорошую прибыль — такова суть капитализма. К примеру, kleями, используемыми при переработке бумажной продукции в упаковочные материалы (21 % общего производства), в строительстве (35 %), деревообрабатывающей и мебельной промышленности (24 %). Однако отрадно, что 10 % их продукции идет в машиностроение.

Разумеется, такая небольшая (пока) доля клеев, выпускаемых частными фирмами и используемых в машиностроении, объясняется не только законами бизнеса (рынка). К сожалению, свое слово сказали и наше законодательство. В России частным фирмам, производящим клеи и герметики, невозможно получить разрешение на внедрение своих материалов в авиации и в производстве военной техники (единственное исключение — фирма САЗИ, ее материалы применяются и в авиастроении, и в ракетно-космическом производстве). Поэтому "частники" и вынуждены работать (причем по первой и названных выше причин — весьма охотно) на изготовителей для упаковок, стройиндустрию, производителей клеевой древесины (выпуск которой, кстати, в России бурно развивается, поскольку kleи позволяют создавать деревянные конструкции практически любых форм и размеров).

Кроме того, отечественные kleи, выпускаемые частными фирмами, к сожалению, пока что не могут конкурировать с иностранными. Поэтому российским машиностроителям приходится использовать kleи фирмы "Хенкель", а также ее дочерних фирм "Локтайт" и "Терозон".

Такова общая картина, сложившаяся в России. Чтобы понять, как ее можно изменить, нужно работать по трем перечисленным выше направлениям. Рассмотрим их несколько подробнее.

Первое направление — синтез новых компонентов, создание новых клеевых материалов и расширение применения уже известных kleев. Здесь, очевидно,

необходимо выделить три области — полимерные смеси, kleи со специальными свойствами и синтез новых отвердителей, пластификаторов и ускорителей реакций.

Каждая из названных областей по-своему важна. Скажем, если взять полимерные смеси, то можно привести пример: введя в эпоксидную матрицу термопластичный полимер (чаще полисульфон), можно получить kleй, в котором сохраняются прочностные характеристики, свойственные эпоксидам, но добавляются высокие деформационные свойства, в том числе повышенные ударная вязкость и трещиностойкость, присущие термопластам. Поэтому многие специалисты в настоящее время занимаются процессами управления структурообразованием материалов, позволяющим превращать их в упорядоченные наноструктурные. В частности, уже созданы полимерные покрытия, которые обеспечивают защиту конструкций от биоразрушения и коррозии. (Такие материалы на основе полиуретана используются при производстве армейского обмундирования.)

Сюда же можно отнести и работы по синтезу новых связующих. Характерный их пример — реоланы (сокращение от словосочетания реакционноспособные олигомеры РАН), которые представляют собой гибридные системы, состоящие из смеси олигомеров и отверждаемые по двум типам механизмов — полимеризации и поликонденсации (пример — эпоксиакрилаты). При этом образуются взаимопроникающие сетки, химически между собой не связанные, но и не разделенные, поскольку имеет место их механическое переплетение.

К этому же направлению относится и получение компатибилизаторов (за рубежом их называют бустерами) путем совмещения считающихся несовместимыми полимеров.

Создание kleев со специальными (электро- и теплопроводность, антикоррозионность, способность намагничиваться и т. п.) тоже основано на структурной модификации.

Но главное, все-таки, — синтез новых компонентов kleев. Сейчас в России созданы kleи, которые работоспособны в интервале температур от 4 до 1873 К (от -269 до +1600 °C) на протяжении нескольких десятилетий.

Так что положительные сдвиги, как видим, есть. Причем характерно, что российские специалисты отдают предпочтение не узкоспециализированным, а универсальным или близким к ним kleям. Например, к материалам, обладающим одновременно и высокими адгезионными свойствами, и работоспособным в широком диапазоне температур, и хорошими технологическими свойствами, можно отнести kleи на основе полиуретанов, которые могут отверждаться как при комнатной, так и при повышенной температурах. Причем их рабочий ресурс достаточно большой. Например, при тем-

пературе 743 К (470 °C) он составляет 24 ч, а при 293 К (20 °C) вообще не ограничен.

Говоря о производстве kleеев в России, необходимо отметить ряд обстоятельств.

Во-первых, за последнее десятилетие у нас создано много новых фирм, которые изготавливают kleевые материалы, копируя западные технологии. Во-вторых, многие из них уже научились делать kleи по собственным рецептам, гораздо более дешевые и лишь незначительно уступающие по своим свойствам kleям крупнейших зарубежных фирм, что и обеспечивает им коммерческий успех (пример — однокомпонентные kleи под торговым названием "холодная сварка").

Что касается новых kleевых технологий, то здесь, вопреки сложившемуся мнению, будто в этой области у России успехов крайне мало, положение неплохое.

Да, у нас пока мало доведенных до промышленного внедрения kleевых технологий. Но новых, причем высококачественных, разработок имеется довольно много. Например, именно в России впервые в мире созданы kleесварная и kleеклепанная технологии сборки. Причем первая разрабатывалась именно для автомобилестроения и предназначалась для замены точечной сварки кузовов и

кабин, а вторая — для авиастроения и используется она для сборки обшивки фюзеляжа, крыла, оперения, для крепления листового материала к шпангоутам, лонжеронам и стрингерам. Под эти технологии разработаны и выпускаются в необходимых объемах специальные kleевые материалы. С их помощью изготавливают слоистые (3, 5, 7, 9 и более слоев с различным чередованием материалов) kleевые алюмостеклопластики, алюмоуглепластики, алюмостеклоорганипластики и т. п.

К этой же области относятся и нанотехнологии, которые в России в последние годы выделены в приоритетный национальный проект. Например, мы научились достаточно дешевым способом получать нанотрубки и создали технологии их введения в полимерную матрицу таким образом, чтобы не происходила их коагуляция.

Наконец, о новых методах анализа, испытания и расчета kleевых соединений и конструкций.

В стране в свое время были введены собственные ГОСТы на образцы для испытаний kleев, и они не совпадали с общепринятыми в мире методами испытаний, основанными на американском ASTM и немецком DIN. Это приводило

к тому, что объявляемые свойства одинаковых по прочности kleев по стандартам DIN и ASTM оказывались всегда выше, чем по российским ГОСТам. И разгадка такого расхождения элементарно проста. Она — в различии геометрических размеров образцов: здесь начинает влиять масштабный фактор. Но потребители этого не знали, естественно отсюда и погоня за kleями зарубежного производства. (Например, тот же ВАЗ.)

Вывод очевиден: собственные методики, которые используются в тех или иных отраслях, должны давать результаты, аналогичные признаваемым за рубежом. Как это сделано в автомобилестроении по отношению к десяткам Правил ЕЭК ООН.

И последнее. Наряду с развитием науки методов испытаний долговечности kleевых соединений и определения их ползучести и усталости необходимо распространять расчетные методы. Тем более что пакеты программ для ЭВМ уже есть. Это многократно удашевит процесс создания новых kleев. Иного, как говорится, не дано, если мы хотим идти в ногу с мировым развитием этих, безусловно, перспективных методов изготовления автомобильной техники.

УДК 621.868.238.681.51/54

## ПОСТРОЕНИЕ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦИИ МНОГООСНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ

Кандидаты техн. наук А.Н. ПАРХОМЕНКО, А.П. ПОСКАЧЕЙ и В.В. ДЕМИК

21 НИИИ МО РФ

Системы автоматизации автомобилей, в том числе многоосных, могут создаваться только совместными усилиями специалистов различных отраслей. И прежде всего автомобилистов и специалистов, разрабатывающих конструкции систем автоматизации. Поэтому им необходим единый понятийный аппарат, своего рода общий язык, который можно использовать совместно. И дело это не простое. Уже хотя бы потому, что системы управления представляют собой объекты с функциями, как правило, не обусловленными их конструктивным исполнением: имея однотипные модули, они могут функционировать совершенно различно. В отличие, например, от механической трансмиссии или двигателя, которые выполняют свои функции именно благодаря наличию специфических для них деталей и узлов. Кроме того, для автомобилей понятийный аппарат вырабатывался более века, а для систем управления таким временем мы не располагаем.

Но выход из создавшегося положения, на наш взгляд, есть. Он — в использовании функционального подхода к построению и исследованию систем автоматизации, который соединяет в себе обобщенность с возможностями отобра-

жения функциональной структуры, задания последовательности исследований и разработки, достаточной полноты представлений, учета аппаратной реализуемости этих систем.

Причем в отношении практического приложения предлагаемого подхода объекты могут быть самыми разными. Скажем, в нашем случае, т. е. для многоосных АТС, техническая актуальность применения систем автоматизации может быть вызвана потребностью использования на них нетрадиционных технических решений по составным частям (например, решение применить электрическую трансмиссию с индивидуальным подводом мощности к колесному двигателю, длинноходовую подвеску колес, всеколесное рулевое управление и т. п.). И здесь, очевидно, без современных систем управления не обойтись. При этом для налаживания взаимопонимания между разработчиками, к примеру, той же электрической трансмиссии и системы управления ею работу следует начинать с осмысливания не аппаратной реализации систем, а их функциональных свойств, рассматривая их как самостоятельные. Затем сопоставлять и увязывать функциональные свойства с возможностями

конкретной аппаратной базы. В результате появляется функциональная система, которая представляет собой один из вариантов работы электронной системы управления (ЭСУ), реализующий какую-то часть аппаратных возможностей последней, т. е. бортового компьютера, программного обеспечения и т. д. Потому что на аппаратной базе одной ЭСУ можно развернуть несколько (как правило, более десяти) функциональных систем.

Функциональные системы автоматизации, как показал анализ результатов исследований, проведенных в области автомобилестроения, можно классифицировать по шести уровням — нулевому, первому, ..., пятому. Причем нулевой уровень (базовый) включает информационно управляемые составные части многоосного автомобиля, которыми можно управлять с помощью внешних, по отношению к ним, воздействий. Так, в экспериментальной информационно управляемой электрической трансмиссии для физической модели многоосного автомобиля тяговый электродвигатель воспринимает информационные сигналы, поступающие от управляющего комплекса, с помощью двух блоков — управления электроприводом и согласования, второй из которых соединен с компьютером. А для индивидуального управления каждым тяговым электродвигателем (ТЭД) — синхронным на постоянных магнитах, имеющим внешний вращающийся ротор, в блоке управления вместо ручного управления (переменными резисторами) установлены резисторные оптопары марки ОЭП (рис. 1, а), которые изменяют

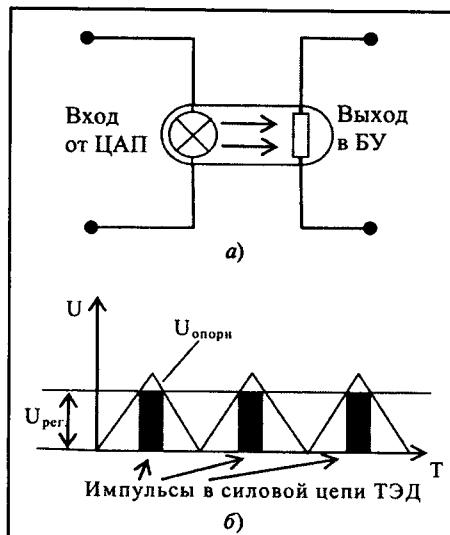


Рис. 1. Реализация информационного управления тяговым электрическим приводом:

а — информационное управление с помощью оптоэлектронной пары; б — принцип регулирования мощности ТЭД

свое сопротивление пропорционально поданному на них управляющему напряжению. Благодаря чему (рис. 1, б) напряжение  $U_{per}$  задает скважность и амплитуду электрических импульсов в силовой цепи ТЭД.

Информационно управляемая составная часть (ИУСЧ) автомобиля — основа для построения систем первого и последующих уровней систем автоматизации. Причем функциональные схемы конкретных систем вполне достаточно представлять состоящими из четырех подсистем: логико-вычислительной (ЛВП) — совокупность средств обработки информации и формирования управляющих параметров и команд (алгоритмы, законы управления, программное обеспечение, бортовой компьютер); вспомогательной (ВСАР) автоматического регулирования, включающей средства, которые обеспечивают преобразование цифровых управляющих параметров в аналоговые сигналы, передаваемые на исполнительные устройства, регулирование основных и вспомогательных параметров исполнительных устройств (преимущественно по принципу минимизации рассогласования между заданным и текущим реальным значениями); исполнительной (Исп), объединяющей устройства исполнения управляющих воздействий в составных частях многоосного автомобиля (электроклапаны, модуляторы, преобразователи частоты электрического тока, в том числе аналого-цифровые АЦП и цифро-аналоговые ЦАП, информационно-управляющие панели, дисплеи, звуковые сигнализаторы); информационной (ИнП), в состав которой входят средства, предназначенные для восприятия и передачи информации, и сама эта информация (показания датчи-

ков и сами датчики, управляющие команды, контроллеры, линии связи, датчики режимов).

В общем виде системы автоматизации первого уровня имеют довольно простую структуру: их подсистемы, в пределах каждой функциональной системы, охвачены потоками обрабатываемой и управляющей информации (рис. 2). При этом учитывается, исходя из свойства открытости систем, внешний поток информации от других систем и от водителя (поток 1). В логико-вычислительной подсистеме этот поток и поток внутренней информации (поток 6) математически обрабатываются. Вырабатываемая там управляющая информация подается (поток 2) во вспомогательную подсистему регулирования, которая с помощью потока 3

устанавливает значения параметров (положений) исполнительных устройств. В данном случае применяется принцип уменьшения рассогласования между требуемыми значениями информационных величин (поток 2) и фактическими их значениями (поток 5). В исполнительной подсистеме изменяются, соответственно потоку 3, параметры (положения) исполнительных устройств. Эти параметры, или положения, рассматриваются также в качестве потока (поток 4), который воспринимается датчиками информационной подсистемы и направляется в логико-вычислительную или вспомогательную подсистемы в качестве потоков обратной связи.

Вполне очевидно, что внутреннее наполнение, содержание, состав подсистем

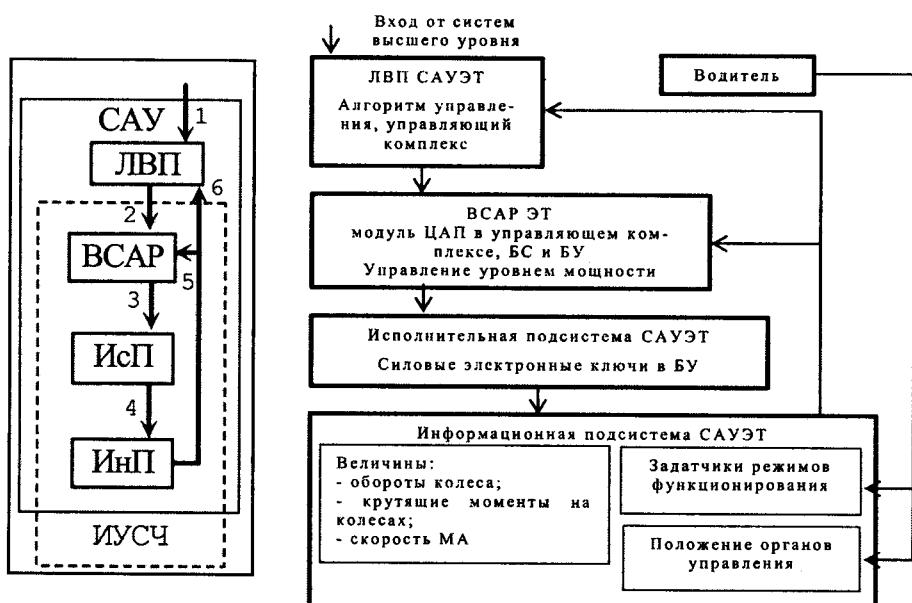


Рис. 2. Функциональная схема САУ:  
1–6 — информационные потоки

Рис. 3. Функциональная схема СА на примере САУ.электрической трансмиссии физической модели многоосного автомобиля (МА)

Таблица 1

Характеристика назначения	Определение характеристики	Пример
Назначение системы	Управление определенным составом объектов; отличительная особенность применяемого управления	Управление трансмиссией с индивидуальным подводом мощности к колесному двигателю
Цель управления	Конечный результат управления, например, приданье нового свойства или изменение существующего свойства объекта управления, для осуществления которого оно применяется	Обеспечение наибольшего по сцеплению крутящего момента на колесах
Функция управления	Действие, преимущественно механическое, производимое системами автоматизации в составных частях многоосного автомобиля для выполнения поставленной цели управления	Изменение подводимого к колесам крутящего момента с помощью силовых электронных ключей
Закон управления	Зависимость управляющих величин и команд от совокупности внешних факторов, состояния составных частей и многоосного автомобиля в целом	Законы "Равенство скольжений"; "Равенство моментов"; "Равенство частот вращения"; "Равенство мощностей"

Закон управления	Управляющая величина	Вспомогательные информационные величины	Примечание
"Равенство моментов"	$M_{\text{тд}_i}^y = \frac{M_c}{K_k}$	$M_c = \sum M_{\text{тд}_i}$	$M_{\text{тд}_i}^y$ — управляющая величина крутящего момента тягового двигателя; $i$ — порядковый номер этого двигателя; $K_k$ — число колес
"Равенство мощностей"	$M_{\text{тд}_i}^y = \frac{N_c}{K_k \omega_{\text{тд}_{cp}}}$	$N_c = \sum M_{\text{тд}_i} \omega_{\text{тд}_i}$ $\omega_{\text{тд}_{cp}} = \frac{\sum \omega_{\text{тд}_i}}{K_k}$	$N_c$ — мощность тягового электродвигателя; $\omega_{\text{тд}_{cp}}$ — средняя частота вращения его ротора; $\omega_{\text{тд}_i}$ — частота вращения ротора $i$ -го тягового электродвигателя
"Равенство частот вращения"	$M_{\text{тд}_i}^y = \frac{M_c}{K_k} + \left(1 - \frac{\omega_{\text{тд}_i}}{\omega_{\text{тд}_{cp}}}\right) M_c$	$M_c, \omega_{\text{тд}_{cp}}$	$M_c$ — суммарный момент $i$ -го тягового электродвигателя
"Равенство скольжения"	$M_{\text{тд}_i}^y = \frac{M_c}{K_k} + M_{S_i}$	$M_{S_i} = \frac{S_{cp} - S_i}{S_i} M_{c_i}$ при $S_{cp} < S_{\text{пред}}$ $M_{S_i} = \frac{S_{\text{пред}} - S_i}{S_i} M_{c_i}$ при $S_{cp} > S_{\text{пред}}$ $S_{cp} = \frac{\sum S_i}{K_k}, M_{c_i} = \frac{M_c}{K_k}$	$M_{S_i}$ — приращение крутящего момента на $i$ -м колесе, необходимое для выполнения условия $S_i = S_{cp}$ или $S_i = S_{\text{пред}}$ ; $S_{cp}$ — среднее значение скольжения колеса; $S_{\text{пред}}$ — его скольжение в предыдущий момент времени; $S_i$ — скольжение $i$ -го колеса

напрямую зависят в первую очередь от цели создания системы автоматизации, заключающейся в достижении требуемых характеристик автомобилей, и от так называемых характеристик назначения системы (табл. 1), последовательно формулируемых для каждой конкретной системы.

В примере, приведенном в табл. 1, как видим, сначала сформулировано назначение системы, причем предлагается индивидуальный (в отличие от группового) подвод мощности к колесному движителю. Далее ставится цель управления, а также функция, которая позволяет оценить возможность ее аппаратного воплощения: в данном случае функция приводит в соответствие работу силовых электронных ключей и моментов, подводимых к колесам.

Законы управления отражают зависимость подводимого крутящего момента от различных физических величин. Приведенные характеристики назначения, в том числе математические зависимости законов управления для трансмиссий с индивидуальным подводом мощности к колесному движителю (некоторые из них даны в табл. 2), служат для разработки функциональных схем систем автоматизации, состоящих из перечисленных выше подсистем (пример такой схемы для электрической трансмиссии — на рис. 3).

Более сложную структуру могут иметь системы второго и третьего уровней. Их предлагается создавать путем присоединения, в первую очередь, оригинальных для них логико-вычислительных подсистем, тогда эти подсистемы рассматриваются как использующие для управления необходимое им множество систем более низких уровней (рис. 4).

Таким приемом пользуются при построении сложных систем, сети систем, "суперсистем". И если системы первого

уровня выполняют задачи постоянного управления (как бы тактический уровень управления), то системы второго уровня (оперативный уровень — выполнение ло-

кальных операций по скоординированному управлению составными частями многоосного автомобиля) направлены на кратковременное управление в опреде-

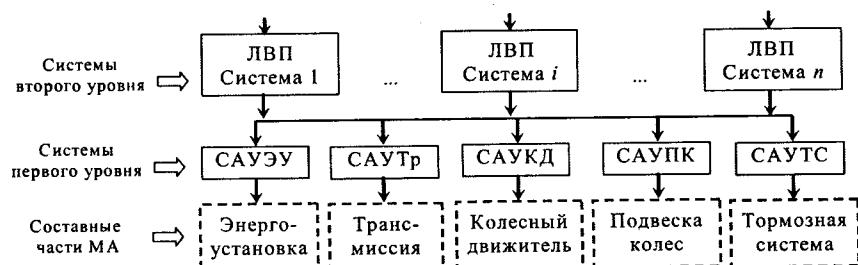


Рис. 4. Функциональная структура систем второго уровня

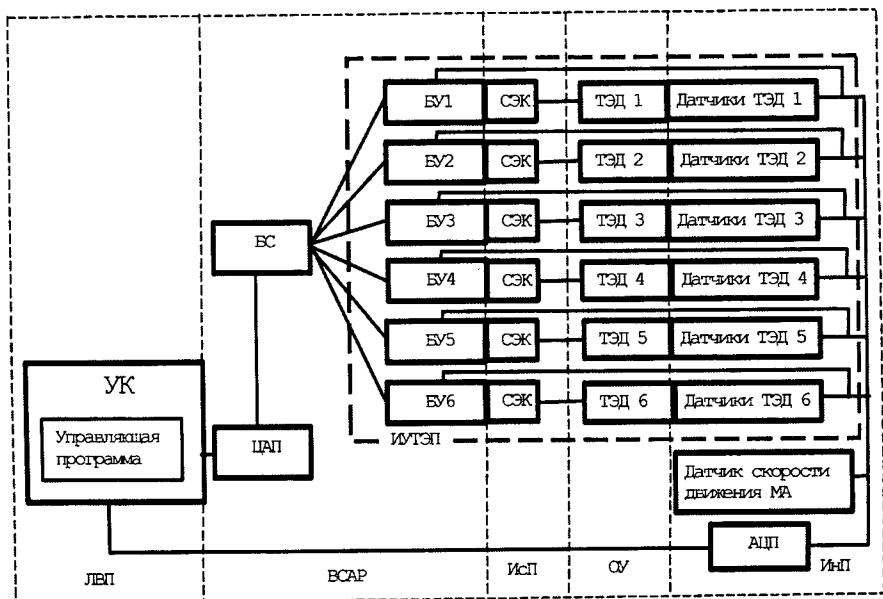


Рис. 5. Функциональная аппаратная схема САУ электрической трансмиссии

ленных условиях (например, для повышения скорости движения, если это желательно, или для предотвращения опрокидывания).

Система третьего уровня в такой структуре (стратегический уровень — выполнение последовательности операций) координирует управление для обеспечения общих целей движения, связанных с транспортированием грузов.

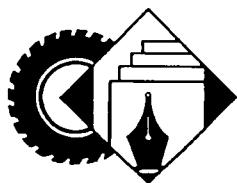
Функциональные схемы систем автоматизации применяются как для математического моделирования движения многоосного автомобиля, оборудованного системами автоматизации, так и для разработки функциональных аппаратных схем последних (пример — на рис. 5) — функциональных схем традиционных и известных, состоящих из физических блоков и устройств (ОУ — объект управления, СЭК — силовые электронные ключи, БС — блок согласования, БУ — блок управления, ИУТЭП — информационно-управляемый тяговый электропривод).

Именно в такой последовательности создается любая обоснованная, научно-исследовательская конструкция системы автоматизации, в том числе и для физической модели рассматриваемого в статье трехосного автомобиля с САУ электрической трансмиссией.

В качестве управляющего на ней применен многофункциональный измерительный комплекс (промышленный компьютер) МИС-400D, а также блок согласования и программное обеспечение фирмы НПП "Мера" (г. Королев), тяговые электродвигатели и блок управления НИЦ "Мехатроника" (г. Москва); все управление — по кабелю.

Рассматриваемая физическая модель многоосного автомобиля позволила отработать новый закон и алгоритм распределения крутящих моментов по колесам, для дорожных условий, когда сцепные свойства для правых и левых колес отличаются в 1,5–2,3 раза. Обычно в таких ситуациях на автомобиле с механической трансмиссией водитель вынужден бло-

кировать межколесные дифференциалы. Новый же закон этого не требует и в то же время дополнительно (на ~15 %) снижает затраты мощности на движение. Кроме того, модель открывает возможность исследовать экспериментально ставший уже классическим и эталонным закон распределения "Равенство скольжений", обеспечивающий равенство скольжений в пятне контакта под каждым колесом. Его реализация, судя по теоретическим данным, позволяет значительно (до 25 %) снизить затраты мощности при движении многоосного автомобиля по криволинейным траекториям и преодолевать значительные углы подъема на деформируемых грунтовых поверхностях. Но, главное, рассмотренная выше методология очень важна для развития систем автоматизации на автомобильном транспорте и, в частности, для разработки электрических трансмиссий с индивидуальным подводом мощности к колесному движителю.



## ИНФОРМАЦИЯ

*За рубежом*



УДК 629.113/.115

### СИСТЕМА СТИМУЛИРОВАНИЯ ТВОРЧЕСКОЙ АКТИВНОСТИ В ФИРМЕ "РЕНО"

Е.В. МЕЦЦЕРЯКОВА

МГТУ

Для достижения наибольшего успеха в фирме "Рено" активно стимулируют творческую и инновационную активность, готовность использовать в широком масштабе достижения науки и технологий своих сотрудников. На фирме приоритетно поощряются практика подачи всех видов инновационных предложений, идей, проектов. С этой целью создана система "Идей развития предприятия", оценивающая все поданные предложения. Эта система способствует развитию движения инновационной активности.

*For the accomplishment of the greatest success Renault Group encourages creative and innovation activity and is always ready to use on a wide scale the science and technology achievements of their employees. Renault Group widely stimulates all the innovation suggestions, ideas, projects. For that aim a system of "Concept of the Development of the Enterprise" was created which evaluates all the accepted suggestions. This system favours the development of innovation activity.*

В сегодняшнем мире, для которого характерны жесткая конкуренция, постоянно возрастающая сложность процессов и отсутствие стабильности, наибольшего успеха добываются фирмы, способные стимулировать творческую и инновационную активность своих сотрудников. Потому что предложения последних дают не только заметный экономический эффект,

но и способствуют повышению профессионального уровня персонала как в индивидуальном, так и в коллективном плане. Со всеми вытекающими отсюда последствиями, в том числе экономическими, для фирмы. И "Рено" с этой точки зрения — типичный тому пример: здесь всячески поощряется практика подачи рационализаторских предложений. Для чего даже создана система "идей развития предприятия" на "Рено", позволяющая оценивать все поданные предложения и быстро внедрять лучшие из них там, где они помогут снизить себестоимость, повысить качество и сократить сроки изготовления продукции, а также улучшить условия труда.

Эта система основана на четырех принципах. Первый из них — целеустремленность: для того, чтобы у сотрудников появились новые идеи, необходимо объяснить им, куда движется фирма, определить основные направления и задачи ее прогресса; второй — методика: новые идеи — следствие появления проблем, в связи с чем на фирме созданы условия для доведения до ее руководства и соответствующих служб информации о возникших проблемах; третий — организация: организационной работой в области инноваций занимаются менеджеры непосредственно в подразделениях, и их роль заключается в создании условий, способствующих развитию рационализаторского мышления (одна из основных обязанностей менеджера); четвертый — материальное и моральное поощрение авторов предложений, лучшие из которых имеют возможность принять участие в ежегодной международной конференции рационализаторов с вручением победителям премий.

Реализация перечисленных принципов способствовала развитию рационализаторского движения, которое возникло непосредственно на заводах фирмы. Достаточно сказать, что

сегодня в нем участвует ~80 % производственного персонала, а также до 40 % сотрудников инженерных и административно-бытовых служб 34 предприятий, расположенных в 13 странах мира, а экономический эффект этой работы в 2007 г. превысил 90 млн евро.

Такая система работы зародилась не сегодня.

По сути, такие же принципы "Рено" применила в 1999 г., когда состоялся ее альянс с японской "Ниссан", в результате которого они приступили к совместному использованию накопленного обеими фирмами опыта и объединению имевшихся у них производственных возможностей. Сотрудничество двух давних партнеров в области организации совместных разработок и проведения НИОКР сразу же принесло им весомые преимущества в споре с конкурентами. Для закрепления своих позиций руководство "Рено-Ниссан" создало команду специалистов, занятую совместными проектно-конструкторскими работами. Первейших задач, которые решает созданная команда, три: расширение возможностей с точки зрения принятия новых технических решений; активизация поисков и создание новых разработок, ведущих к технологическим прорывам; вывод на рынок новой продукции. И, надо сказать, решает она их довольно успешно: с одной стороны, уже произошло почти двойное сокращение затрат, а с другой — заметно возросло число нововведений.

Достигнутые результаты объясняются тем, что теперь специалистам не приходится дублировать усилия друг друга, они могут вплотную заняться новыми проектно-изыскательскими и конструкторскими разработками. Причем каждой конкретной темой занимается та из двух фирм-партнеров, которая в данной области преуспевает лучше.

Впервые такое сотрудничество обрело конкретные очертания в 2004 г. в виде совместной разработки новейшей навигационно-коммуникационной системы, вошедшей в сентябре 2004 г. в комплектацию автомобиля "Ниссан Тида" и в марте 2005 г. — в "Рено Лагуна II". Но затем практика создания команд конструкторов охватила уже четыре направления работы — экологию, безопасность, комфорatabельность и ездовые качества автомобиля. Каждая из включенных в план их работы позиций передается соответствующей творческой группе специалистов уже на стадии предварительной экспертизы, и ее члены определяют, стоит ли совместно решать поставленную задачу или же каждая из фирм пойдет своим путем.

Для обмена мнениями члены творческих групп ежемесячно встречаются либо во Франции, либо в Японии, либо в рамках видеоконференций. Они рассматривают состояние дел по реализации проектно-конструкторских работ в обеих фирмах с учетом всех аспектов по таким темам, как трансмиссия, ходовая часть, электроника и материалы. В итоге по важнейшим стратегическим проектам, к которым относятся гибридные силовые установки, электрические приводы, технология "X-by-Wire" и топливные элементы, альянс уже обеспечил себе явное конкурентное преимущество.

В этом проекте используется своего рода комплекс стандартных инструментов и методов управления, применяемых для организации производства на всех заводах "Рено". Его главное назначение — путем постоянного совершенствования рабочих постов поднять промышленный потенциал фирмы на самый высокий мировой уровень. И успех внедрения в жизнь системы производства "Рено" (системы SPR) ежедневно зависит от ориентации на конечную цель всего персонала предприятия. Причем здесь очень важна взаимосвязь средств и методов, задействованных для повышения эффективности производственных процессов. Например, улучшенная эргономика рабочего места способствует повышению качества изготавливаемого на нем изделия; содерящийся в чистоте и порядке производственный участок легче подвергается усовершенствованию и развитию; внедрение стандартных методов ухода за оборудованием и его профилактика повышают его

надежность, а своевременная подача комплектующих сокращает время, затрачиваемое на производство продукции.

Система SPR вводилась на "Рено" последовательно, начиная с 2000 г. И уже принесла свои плоды: с 2004 по 2006 гг. число рекламаций по качеству продукции уменьшилось вчетверо.

Система действует на всех заводах и во всех производственных подразделениях, объединив их вокруг общих ценностей. В ежедневных совещаниях по качеству принимают участие представители заготовительных и сборочных производств, инженерно-технологических департаментов, подразделений логистики, ремонтно-механических цехов — с тем, чтобы обсудить самые насущные темы. Ежедневная проверка состояния рабочих постов начальниками участков, оптимизация заделов комплектующих, поступающие от операторов предложения таят в себе скрытые возможности для дальнейшего совершенствования уже существующих стандартов. И логика такого подхода к дальнейшему росту является сердцевиной, т. е. сутью менеджмента, заложенного в системе SPR.

Опыт передовой производственной практики воплощается в жизнь старшими инструкторами и распространяется через систему клубов, объединяющих людей по профессиям. В тех же целях организован регулярный "форум SPR". Он проходит раз в два года и стал местом поистине плодотворного обмена опытом, накопленным на предприятиях группы "Рено". Кроме того, на заводах организуются выставки, для участия в которых отбирается ~60 образцов, в которых широко задействованы передовые методы организации работы. На этих выставках, в частности, были отмечены нововведения, используемые на заводах "Флен", "Автофрамос", "Ле Манн" и др. Здесь же подводятся итоги внедрения системы SPR, которая ежегодно обогащается новыми достижениями и позволяет распространять их и использовать готовые "ноу-хай" на всех предприятиях фирмы, не испытывая при этом необходимости что-либо переделывать.

Теперь же "Рено" поставила перед собой новую задачу — внедрить принципы системы SPR на предприятиях своих партнеров. И она успешно решается: система уже действует в Румынии, России, Марокко, Колумбии, а совсем недавно к ним присоединились Индия и Иран. Дирекция по развитию производства продемонстрировала на практике многим руководителям заводов-партнеров всю эффективность и необходимость применения системы SPR путем обучения старших инструкторов, которым будет поручено внедрить эту систему на своих заводах. Например, на базе румынского завода в Питешти в 2006 г. было организовано обучение инструкторов для Ирана, России и Индии, которое придало новый формат системе SPR: вся сеть нацелена на улучшение качества труда, основанного на общепризнанных стандартах. Правда, в их внедрении у партнеров имеются некоторые тонкости. Это объясняется тем, что возникают два нюанса: во-первых, появляется необходимость существенного развития системы менеджмента; во-вторых, существуют вопросы конфиденциальности, касающиеся "ноу-хай" фирмы. Поэтому "Рено" начала работу с выстраивания прочного основания, на котором базируются профессиональное обучение и овладение приемами качественной работы. Это — первый этап в развитии, в течение которого фирма должна оценить, что задействованные партнерами методы способны наилучшим образом гарантировать качество, которого ждут клиенты, так как в конечном итоге автомобиль выпускается под маркой "Рено". При этом основными постулатами в стремлении "Рено" к конкурентному превосходству являются следующие: быть лучшими по качеству, стоимости, срокам, не забывать об экологии и уделять большое внимание работникам предприятия. Что точно вписывается в международную программу корпоративной социальной ответственности, которая становится все более актуальной.

## НОВИНКИ ЗАРУБЕЖНОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ НА ММАС-2008<sup>1</sup>

### Азиатские и американские фирмы.

"Мазда" решила удивить посетителей московского "Автосалона" концептуальным кроссовером "Казамай" (японск. — "схватка вихрей"; рис. 22), который планирует через несколько лет "материализовать" в модель CX-5. Пока же в дополнение к среднеразмерному внедорожнику CX-7 здесь разработали огромный CX-9 с шестицилиндровым 3,7-литровым двигателем мощностью 200 кВт (273 л. с.), шестиступенчатой автоматической коробкой передач, постоянным передним и отключаемым задним приводом.

"Мицубиси" показала обновленный внедорожник "Паджеро Спорт" (рис. 23), который предлагается с 3,5-литровым V-образным шестицилиндровым бензиновым двигателем либо с более практичными дизелями рабочим объемом 2,5 и 3,2 л.

Фирма "Ниссан" представила в Москве "спортивное" купе GT-R (рис. 24) с шестицилиндровым двигателем, оборудованным двухступенчатым турбонаддувом (рабочий объем 3,8 л., максимальная мощность 350 кВт, или 480 л. с.), и интеллектуальной полноприводной трансмиссией, включающей роботизированную коробку передач с двумя сцеплениями; а также три внедорожника: "Кашкай+2" — удлиненный на 210 мм, "Мурано" второго поколения (с V-образным шестицилиндровым двигателем рабочим объемом 3,5 л., развивающим мощность 195 кВт, или 265 л. с.) и "Инфинити FX" второго поколения (оснащается восьмицилиндровыми V-образными двигателями — шестицилиндровым 3,5-литровым мощностью 226 кВт, или 307 л. с., либо восьмицилиндровым пятилитровым мощностью 287 кВт, или 390 л. с., семиступенчатой автоматической коробкой передач, активной подвеской и подруливающими задними колесами).

Фирма "Судзуки" продемонстрировала свою самую компактную модель — "Спэш" (рис. 25), разработанную на агрегатах модели "Свифт", но имеющую иную компоновку кузова (короткая база и "высокая посадка" экипажа), рассчитанную в первую очередь на эксплуатацию в стесненных условиях крупных городов. Автомобили данного семейства будут оснащаться двигателями рабочим объемом 1,0 и 1,2 л., развивающими соответственно 48 кВт (65 л. с.) и 63 кВт (86 л. с.), с механической либо автоматической короб-

кой передач. Также на стенде фирмы были представлены концепт-кар "Кизashi-3" (японск. — "прелюдия"; рис. 26) — полноприводный седан с шестицилиндровым V-образным двигателем рабочим объемом 3,6 л., раллийный автомобиль SX4 WRC 2008 и обновленную "Гранд Витару" с 2,4- и 3,2-литровыми двигателями.

На стенде "Субару" можно было подробно ознакомиться с "фирменной" системой полного привода, применяемой на всех моделях этого изготовителя. А из представленных автомобилей новинкой для российского потребителя стала модификация модели "Импреза" с кузовом седан, продаваемая до этого лишь на американском рынке.

"Тойота" на фоне ассортимента серийных моделей продемонстрировала концептуальный "Гибрид X" и оригинальный "Аурис" (рис. 27) с дверьми, открывающимися на 180°, причем в вертикальной плоскости; "Лексус" — полноприводный представительский седан LS-460 AWD и концепт-купе LF-A (рис. 28).

Фирма "Хонда" помимо концептуального CR-Z (рис. 29) и гибридной модификации "Сивика" представила на "Автосалоне" обновленный представительский седан "Легенд" с 3,7-литровым двигателем мощностью 217 кВт (295 л. с.); восьмого поколения "Аккорд" — седан с четырехцилиндровыми двухлитровыми (115 кВт, или 156 л. с.) либо 2,4-литровым (148 кВт, или 201 л. с.) бензиновыми двигателями и пятиступенчатой автоматической коробкой передач; а также большой паркетный внедорожник "Пилот" (рис. 30) второго поколения, комплектуемый шестицилиндровым 3,5-литровым бензиновым двигателем мощностью 202 кВт (257 л. с.). Двигатель этот — с отключаемыми цилиндрами: при малых нагрузках у него работают только три цилиндра, с увеличением нагрузки — четыре, а на режиме максимальных нагрузок — все шесть. Трансмиссия — полноприводная, с постоянным приводом на передние колеса и отключаемым — на задние, для чего на полуосях установлены электромагнитные муфты.

Южнокорейская "Хёндэ" замахнулась на сегмент больших седанов: здесь разработан автомобиль "Генезис" на оригинальной платформе с V-образными шести- либо восьмицилиндровыми двигателями и многорычажными подвесками передних и задних колес, который, по замыслам создателей, должен потеснить на рынке "Лексус", "Инфинити", БМВ и "Мерседес". Кроме того, на



Рис. 22

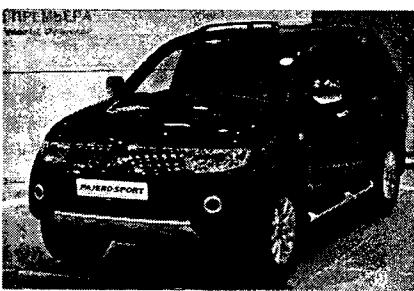


Рис. 23



Рис. 24



Рис. 25



Рис. 26



Рис. 27

<sup>1</sup> Окончание. Начало — в АП 2009 №2.

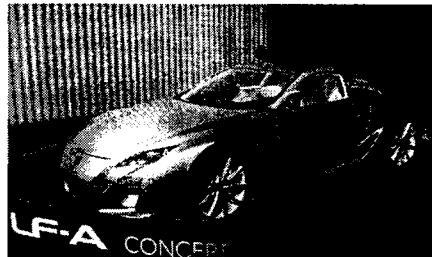


Рис. 28

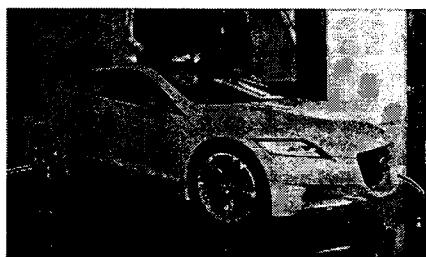


Рис. 29

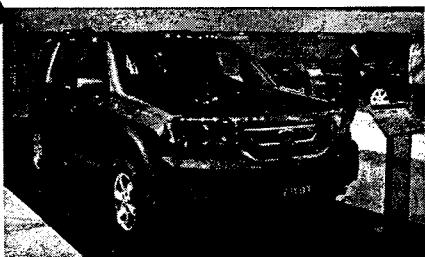


Рис. 30



Рис. 31

стенде фирмы была представлена и наиболее компактная модель "Хёндэ i10" (рис. 31), пришедшая на смену модели "Агос". Причем в наиболее "экологичной" перспективной комплектации — с трехцилиндровым двигателем рабочим объемом 0,8 л и мощностью 71 кВт (96 л. с.). Серийно же этот автомобиль, собираемый в Индии, комплектуется четырехцилиндровым 1,1-литровым двигателем мощностью 47 кВт (64 л. с.), а в дальнейшем должен оснащаться также двумя более мощными (55 кВт, или 75 л. с.) двигателями — 1,2-литровым бензиновым и 1,1-литровым дизелем.

Из внедорожников "Хёндэ" показала большой кроссовер ix55, уже известный на американском рынке под именем "Веракрус" и комплектуемый шестицилиндровым V-образным двигателем (190 кВт, или 260 л. с.) с шестиступенчатой автоматической коробкой передач. Новый внедорожник — "Мохави" (рис. 32) — показали и на стенде фирмы-сателлита — "Киа", где кроме того присутствовали сразу три концепт-кара.

Китайское автомобилестроение на "Автосалоне-2008" ознакомило посетителей со следующими новинками. "Брилианс FRV" — хэтчбек на базе седана модели M2 с бензиновыми двигателями рабочим объемом 1,6 и 1,8 л (две модификации) мощностью соответственно 74 кВт (100 л. с.), 100 кВт (136 л. с.) и 125 кВт (170 л. с.). "Брилианс M3" — спортивное купе на той же платформе M2. "БИД Фо" (рис. 33) — аналог компактного автомобиля "Тойота Айго", представленный ранее в Европе как "F1", комплектуемый однолитровым двигателем мощностью 50 кВт (68 л. с.). "Грейт Вол Кул Бир" — несколько модифицированная копия "кубического" автомобиля "Тойота ВВ", оснащенная 1,3- и 1,5-литровыми бензиновыми двигателями и 1,2-литровым турбонаддувным дизелем. "Грейт Вол Феном" (рис. 34) — компактный хэтчбек, ранее называвшийся i7, комплектуемый 1,3-литровым двигателем мощностью 64 кВт (87 л. с.) либо 1,5-литровым мощностью 73 кВт (99 л. с.). "Грейт Вол Сити СЮВ" — полноприводный (с постоянным передним и подключаемым задним приводом) автомобиль, аналогичный "Фиат Панда". "ФАВ Вита Седан" — седан на шасси "Тойота Ярис" с новым двигателем рабочим объемом 1,5 л, развивающим мощность 75 кВт (102 л. с.).

Американский "Форд" на автосалоне был представлен концептуальным внедорожником "Эксплорер Америка" (рис. 35), который, впрочем, назвать внедорожником можно лишь "по старой памяти". Главное принципиальное его отличие от серийных "Эксплореров" — несущий кузов вместо рамной конструкции. Из прочих особенностей кузова стоит упомянуть сдвижные задние боковые двери и сиденья, закрепленные



Рис. 31



Рис. 32



Рис. 33



Рис. 34



Рис. 35



Рис. 36



Рис. 37



Рис. 38



Рис. 39

(175 и 187 л. с.) и автоматической коробкой передач (четырех- и шестиступенчатой соответственно). Тогда как американская комплектация включает полный привод и V-образный шестицилиндровый двигатель рабочим объемом 3,5 л. В-трехтих, минивэн "Крайслер Гранд Вояджер" нового поколения, оснащенный бензиновым шестицилиндровым V-образным двигателем рабочим объемом 3,8 л и мощностью 142 кВт (193 л. с.) либо 2,8-литровым дизелем мощностью 120 кВт (163 л. с.) и шестиступенчатой автоматической коробкой передач.

Подводя итог, следует оговориться, что Московский автосалон стал отражением "докризисной" мировой автомобильной промышленности, и уже сейчас многие планы фирм скорректированы. Что, скорее всего,

даже к лучшему. Анализируя предложенный ассортимент автомобильной техники, нельзя не заметить: автомобили первого десятилетия XXI века во многом утратили свое главное предназначение — быть средством передвижения. В первую очередь они служат теперь средством самоутверждения потребителя перед остальными участниками движения. Именно эту смысловую нагрузку несет и "агрессивный дизайн", и явно переразмеренные двигатели избыточной мощности, и перенасыщенность сервисными функциями. Причем тенденция эта затронула не только наиболее дорогие и большие по размерам автомобили, но и компактные, рассчитанные на массового потребителя. Их формы сегодня стали непомерно громоздкими главным образом в угоду внешней "солидности". Мировой автомобильный рынок превратился в "ярмарку тщеславия"...

Да, многого в современном автомобиле удалось добиться в плане активной и пассивной безопасности, эргономики, экологии. Немало создано экспериментальных гибридных конструкций. Однако форма серийной техники пока сильно опережает содержание. Мечтая о третьем тысячелетии, писатели-фантасты и художники-футуристы представляли себе индивидуальный транспорт будущего эдакими "космическими катерами". "Будущее" наступило, и автомобилестроители поспешили придать своей продукции "ожидаемую" форму. Но прежними остались среда, в которой приходится передвигаться, и задачи, которые приходится решать потребителю, не изменилось пока радикально и истинное содержание той самой формы. Автомобиль стал сложнее, дороже, престижнее, но не стал лучше. Современные маркетологи завели автомобильестроение явно "не туда".

И в этом смысле, определенные надежды вызывает ...пресловутый глобальный кризис. Ибо он неизбежно заставит отбросить все лишнее, напускное, декоративное, одновременно заставив инженерную мысль интенсивно работать над новыми высокоеффективными техническими решениями. Конструкции станут, наконец, лаконичными, надежными, технологичными и малозатратными на всех этапах жизненного цикла.

Р.К. Москвин

## Содержание

### ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Шушкин А.М. — "Кайдзен" как инструмент обеспечения конкурентоспособности автомобильной фирмы ..... 1

Смирнова О.Ю. — Оценка неравномерности спроса на грузовые перевозки в условиях рыночных отношений ..... 3

### КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

Лукино В.А., Григорьев Л.Ю. — Особенности конструктивных решений газовых двигателей, конвертированных из дизелей ..... 5

Гайворонский А.И. — Термовое состояние поршня газожидкостного дизеля и его прототипа ..... 7

Трембовельский Л.Г. — Математические модели главных рабочих полей ДВС ..... 10

Балабин И.В., Надеждин В.С. — Оптимизация углов наклона плоскостей вращения управляемых колес при криволинейном движении — эффективный путь повышения надежности и ресурса несущих узлов автомобиля ..... 13

Леонтьев Д.Н., Крамской А.В., Рыжих Л.А., Ломака С.И. — Моделирование статических характеристик тормозных систем как способ выбора рациональных параметров тормозных механизмов ..... 15

### ЭКСПЛУАТАЦИЯ И ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБСЛУЖИВАНИЕ АТС

Разговоров К.И. — Оценка технико-экономических показателей деятельности предприятий технического обслуживания ..... 17

Курышев О.В., Потапов А.И. — Алгоритмы диагностирования современных АТС ..... 18

Матлин М.М., Шандыбина И.М., Крейти Э.Ф. — Неразрушающие методы контроля деталей автомобильной техники ..... 22

Лягутов Б.Ф. — Некоторые причины потери управляемости автомобилем ..... 23

Петъко В.И., Кукоин В.Е., Самути А.М. — Моделирование профиля дороги и его составляющих ..... 25

### ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

Колмаков В.И., Росликов И.Н. — Низкотемпературная нитроцементация как способ повышения эксплуатационных свойств деталей, восстановленных железением ..... 27

Бикулов Р.А., Колесников М.С., Асташенко В.И. — Наследственность строения и свойств чугуна при наплавке и термической обработке толкателей клапанов ДВС ..... 28

Кончиц А.В. — Оценка измерительной системы при обнаружении несоответствий автомобильного производства ..... 30

Малышева Г.В. — Новые направления работ в области клеев ..... 32

Пархоменко А.Н., Поскачев А.П., Демкин В.В. — Построение систем автоматизации многоосных автомобилей ..... 33

### ИНФОРМАЦИЯ

За рубежом ..... 36

Мещерякова Е.В. — Система стимулирования творческой активности в фирме "Рено" ..... 36

Москвин Р.К. — Новинки зарубежного автомобилестроения на ММАС-2008 (окончание) ..... 38

Главный редактор Н. А. ПУГИН

Заместитель главного редактора В. Н. ФИЛИМОНОВ

### РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, С. В. Бахмутов, О. И. Гиуцкий, В. И. Гладков, М. А. Григорьев, Ю. К. Есеновский-Лашков, Р. В. Козырев (ответственный секретарь), С. М. Круглов, Ю. А. Купеев, Г. И. Мамкин, В. А. Марков, Э. Н. Никульников, В. И. Пашков, Н. Т. Сорокин, А. И. Титков

### Белорусский региональный редакционный совет:

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

Корректор Г.Д. Назарева

Сдано в набор 04.02.2009. Подписано в печать 19.03.2009.

Формат 60×88 1/8. Бумага офсетная. Печать офсетная.

Усл. печ. л. 4,9. Уч.-изд. л. 7,40. Зак. 260.

Отпечатано в ООО "Подольская Периодика"

142110, Московская обл., г. Подольск, ул. Кирова, 15

ООО «Издательство Машиностроение»

Адрес издательства и редакции:

107076, Москва, Стромынский пер., 4

Телефон (499) 269-54-98. Факс (499) 269-48-97

E-mail: avtпром@mashin.ru

www.mashin.ru www.avtomash.ru

Журнал зарегистрирован Министерством РФ по делам печати, телерадиовещания и средств массовых коммуникаций.

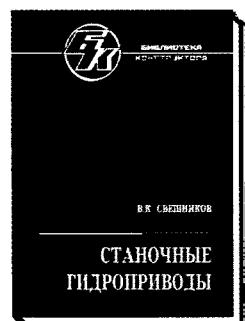
Свидетельство ПИ № 77-7184

Цена свободная

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

За содержание рекламных объявлений ответственность несет рекламодатель.

Перепечатка материалов из журнала "Автомобильная промышленность" возможна при обязательном письменном согласовании с редакцией; ссылка — обязательна.



## СТАНОЧНЫЕ ГИДРОПРИВОДЫ: справочник (Библиотека конструктора). В.К. Свешников

2008. – 640 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03438-3

**Цена 770 р. с НДС**

Приведены конструкции, основные параметры, габаритные и присоединительные размеры гидрооборудования главным образом стационарных машин, в том числе насосов, объемных гидродвигателей, гидроаппаратов, фильтров, аккумуляторов, теплообменников, приборов и сопутствующих товаров отечественного и частично зарубежного производства. Излагаются основы проектирования и расчета гидросистем, их монтажа и эксплуатации, а также основополагающие отечественные стандарты и стандарты ИСО. Справочник содержит максимум сведений, необходимых в практике проектирования и эксплуатации гидрооборудования, выполняя информационную и учебную функцию.

В 5-м издании (4-е изд. 2004 г.) существенно обновлены справочно-информационные сведения, проанализированы основные тенденции развития гидрооборудования мировых лидеров, дано описание ряда новейших зарубежных комплектующих изделий, чаще всего отсутствующих в отечественной номенклатуре (современные насосы и гидродвигатели, новая аппаратура, в том числе ввертного монтажа, аппараты связи с электронными системами управления, приборы и др.); приведены характеристики минеральных масел, размеры специальных резьб.

Для инженеров-конструкторов, изготавителей, а также обслуживающего персонала гидрооборудования стационарных машин (в том числе станков), может быть полезен преподавателям и студентам вузов.



## ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ В МАШИНОСТРОЕНИИ: учебное пособие С.И. Богодухов, Е.В. Бондаренко, А.Г. Схиртладзе и др.

Под общ. ред. С.И. Богодухова

2009. – 640 с.: ил. ISBN: 978-5-217-03408-6

**Цена 660 р. с НДС**

Рассмотрены основные свойства и строение конструкционных материалов, технологические методы их производства, общая структура технологического процесса изготовления деталей, современная и перспективная технология получения заготовок из различных конструкционных материалов, технологические процессы обработки заготовок и формирования свойств, а также основы технологии сборки и контроля качества.

Для студентов высших учебных заведений, обучающихся по направлениям подготовки "Технология, оборудование и автоматизация машиностроительных производств" и "Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств".



## ТЕОРИЯ АВТОМАТИЧЕСКОГО УПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИМИ СИСТЕМАМИ: учебное пособие для студентов вузов Ю.В. Петраков, О.И. Драчев

2008. – 336 с. ISBN: 978-5-217-03391-1

**Цена 550 р. с НДС**

Изложены теоретические основы автоматического управления технологическими системами, базирующиеся на классических понятиях теории автоматического управления, адаптированных к направлению подготовки "Инженерная механика".

Для моделирования систем и процессов использован математический аппарат с применением дифференциальных уравнений, передаточных функций и переменных состояния. Даны учебно-методические материалы для выполнения курсовых работ. Представлены лабораторные работы.

Пособие используется вместе с CD-ROM, что делает его интерактивным благодаря прикладным программам.

Для студентов вузов, обучающихся по направлению подготовки "Системный анализ и управление", а также может быть полезно студентам при изучении других дисциплин цикла подготовки специалистов и магистров по технологии машиностроения, конструированию станков, машин и т.п.

Приобрести книгу можно в издательстве "Машиностроение", прислав заявку по факсу: (499) 269-48-97; по почте: 107076, Москва, Стромынский пер. 4, ООО "Издательство Машиностроение";

по e-mail: [realiz@mashin.ru](mailto:realiz@mashin.ru).

Справки по тел. (499) 269-66-00. <http://www.mashin.ru>

Вологодская областная универсальная научная библиотека

[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

# ПАКЕР

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ ФИРМА

ОКТЯБРЬСКИЙ  
Пакер

## Выполним токарные, фрезерные и расточные работы



**РАССМОТРИМ ВАРИАНТЫ СОТРУДНИЧЕСТВА  
с ПОСРЕДНИКАМИ и ИЗОБРЕТАТЕЛЯМИ  
по производству изделий из металла**



Механическое производство предприятия оснащено современным металлообрабатывающим оборудованием с ЧПУ от ведущих мировых производителей: Mori Seiki (Япония), Sigma (Италия). Конструкторско-технологическая проработка ведется в системах: SolidWorks, SWR-Tech, SWR-PDM. Разработка управляющих программ для обработки деталей на станках с ЧПУ в системах: Sprut-CAM, MORI-APL.

452606, Башкортостан, г. Октябрьский, ул. Северная, 7  
Служба заказов по металлообработке:

телефон/факс: (34767) 5-40-04, 6-74-46, 5-10-50

Сот. телефон: 8-927-352-89-73

e-mail: [info@npf-paker.ru](mailto:info@npf-paker.ru) [www.npf-paker.ru](http://www.npf-paker.ru)

Башкортостанская областная универсальная научная библиотека

[www.booksite.ru](http://www.booksite.ru)

