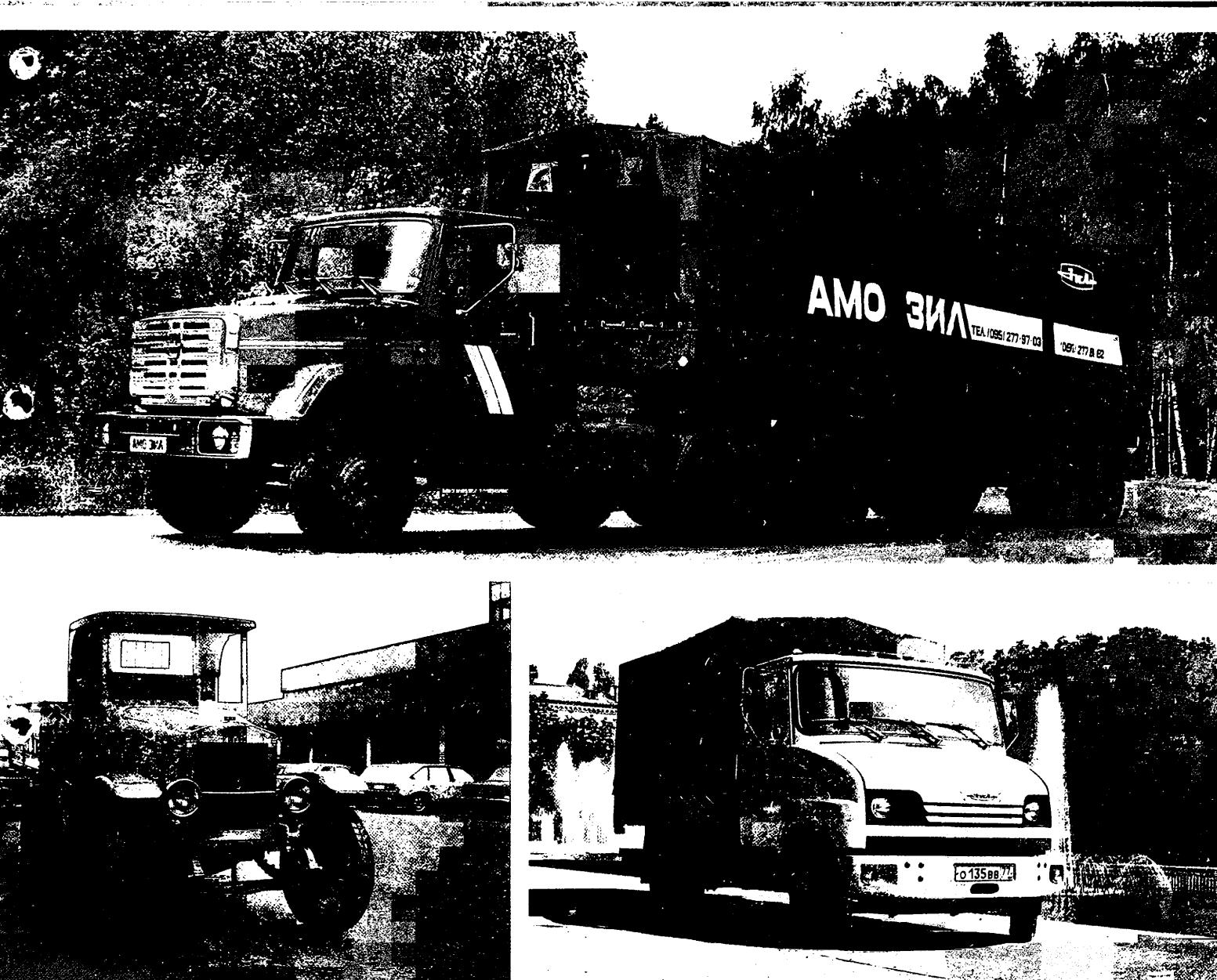


ISSN 0005-2337

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 11 • 1994•



амо

70 ЛЕТ ОТЕЧЕСТВЕННОМУ
АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЮ

ЗИЛ

1994 г. № 11

— Вологодская областная универсальная научная библиотека
www.booksite.ru

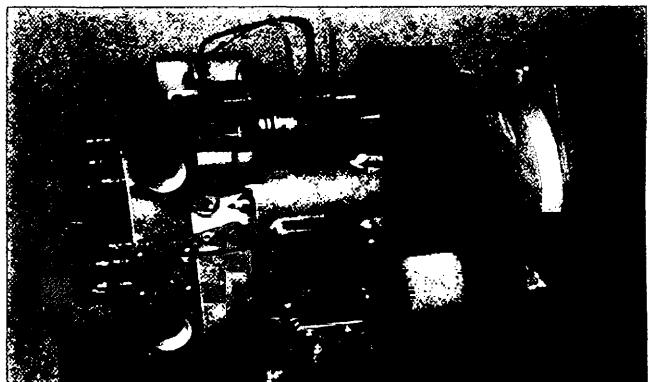
ВО ГЛАВЕ АВТОМОБИЛЬНОЙ НАУКИ

**НАМИ (1918 г.) — Государственный научный центр Российской Федерации по автомобильной технике —
ГНЦ "НАМИ" (1994 г.)**

Направления деятельности ГНЦ "НАМИ":



- Научно-техническое прогнозирование, разработка федеральных целевых программ и обязательств, предусмотренных межгосударственными, межправительственными и межведомственными документами о научно-техническом сотрудничестве
- Фундаментальные, поисковые и прикладные научно-исследовательские, опытно-конструкторские и технологические работы
- Подготовка высококвалифицированных научных кадров в области теории и конструкции автомобилей и двигателей, аэродинамики и т.д.
- Создание концептуальных конструкций автотранспортных средств, двигателей и агрегатов с применением прогрессивных технологий и материалов
- Испытания, доводка и адаптация агрегатов систем двигателей и АТС
- Сертификация автомобильной техники, деталей, узлов и агрегатов АТС
- Международное научно-техническое сотрудничество в рамках Комитета внутреннего транспорта ЕЭК ООН



ГНЦ "НАМИ" самостоятельно решает вопросы на внешнем рынке, развивает контакты с шоффирмами США, Италии, Болгарии, Украины и др.

Приглашаем к сотрудничеству: в портфеле научно-исследовательских разработок ГНЦ "НАМИ" — то, что может служить базой для совместных исследований и производств.

125438, Москва, Автомоторная ул., 2. Телефоны: (095) 154-70-52, 154-14-31, 456-43-53.
Факс: 454-61-77, 943-00-30. Телекс 411703 SUR

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ
НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ
ЖУРНАЛ

Издается с мая 1930 года

Москва • Машиностроение •

УЧРЕДИТЕЛИ:
АО "АВТОСЕЛЬХОЗМАШ-ХОЛДИНГ",
КОМИТЕТ ПО МАШИНОСТРОЕНИЮ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ,
АО "ГАЗ"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

№ 11 • ноябрь • 1994

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 658:002.5.6

База данных НИЦИАМТа — средство управления качеством АТС

Д-р техн. наук В.П. Шалдыкин, канд. техн. наук А.А. Енаев,
д-р техн. наук Н.Н. Яценко
НИЦИАМТ, БРИИ

В странах с развитой и развивающейся автомобильной промышленностью все более широкое распространение получает практика сертификации автомобильных производств и их систем качества государственными аккредитованными органами. Цель очевидна: обеспечить выпуск продукции, удовлетворяющей запросы потребителя и учитывающей интересы изготовителя. Сертификация здесь базируется на стандартных ISO серии 9000, EN 45000, в целом определяющих комплексный подход к проблеме качества с учетом лучших мировых достижений в этой области. Но качество автомобильной техники представляет собой многокомпонентное свойство. Например, потребитель, как правило, оценивает его субъективно, по степени удовлетворения своих потребностей. Изготовитель же и органы сертификации — через систему технических показателей, в первую очередь касающихся безопасности, которые могут быть измерены и сопоставлены с заданными требованиями или с показателями аналогов.

Внедрение систем управления качеством на заводах отечественной автомобильной промышленности — одно из непременных условий развития отрасли на современном этапе, поскольку она имеет исключительно развитую сеть поставщиков, сложное основное производство и специфичного потребителя, интересы которого простираются в различные сферы хозяйственной деятельности, охватывающие многообразие климатических и дорожных условий, а обслуживание автомобильной техники пока, к сожалению, неоднозначно: наряду с профессиональным есть и дилетантское.

В силу многокомпонентности понятия "качество автомобильной техники", специфики достижения

этого свойства в производстве и особенностей его реализации в эксплуатации система управления качеством должна функционировать при хорошо развитом и чутко реагирующем на изменение качества продукции информационном поле. Структурный состав и содержание этого поля, очевидно, должны охватывать все аспекты разработки, изготовления и использования автомобильной техники. Причем особую роль здесь играет информация, касающаяся оценочных показателей автомобилей, технических характеристик, критерии и получаемая на стадии разработки опытных изделий, в текущем производстве, системе сервисного обслуживания из экспериментальных автохозяйств, путем сбора и обобщения претензий потребителя и т.д.

Однако, несмотря на большое количество источников информации о качестве автомобильной техники, ее основу составляют все же полигонные испытания, так как только они дают достоверные, объективные и сопоставимые данные об уровне надежности изделий, соответствия их эксплуатационных и потребительских свойств заданным требованиям, позволяют экспериментально установить факторы, определяющие эти свойства и степень их влияния на измеряемые показатели. Все остальные источники дают, разумеется, очень ценную, но в значительной степени субъективную информацию, подверженную влиянию случайных, трудно учитываемых факторов и поэтому играющую в системе управления качеством вспомогательную роль — большей частью для подтверждения данных испытаний и их соответствия наблюдениям в эксплуатации (что, кстати, является, в свою очередь, одним из требований, предъявляемых к полигонным испытаниям).

Таким образом, результаты полигонных испытаний должны, исходя из ее сути, составлять основу функционирования систем качества на предприятиях автомобильной промышленности: по ним можно объективно оценивать технический уровень вновь создаваемых моделей относительно лучших мировых образцов, определять динамику изменения качества продукции по годам выпуска, сопоставлять новые модели с аналогами, судить об эффективности кон-

структурских, технологических и организационных мероприятий в ходе доводки перспективных моделей или в текущем производстве.

Почему — не секрет. При полигонных испытаниях сводится к минимуму влияние различных случайных факторов, характерных для многообразных условий эксплуатации. Ведь испытания проходят в условиях исключительно высокого уровня стабильности воздействия на автомобиль, они стандартизованы и неизменны во времени, проводятся квалифицированным испытательным персоналом, а полученные данные обобщаются и анализируются с применением лабораторных исследований и методов информатики.

Так было всегда. Однако переход отечественного автомобилестроения к управлению качеством продукции на уровне государства, т.е. внедрение системы сертификации механических транспортных средств, включающей сертификационные испытания, проверку производства и инспекционный контроль сертифицированной продукции, выдвинул повышенные требования к информации о качестве контролируемой продукции и обусловил необходимость концентрации этой информации на единой испытательной базе — в Научно-исследовательском центре по испытаниям и доводке автомототехники. Причем информации не только по отечественной автомобильной технике, но и, что особенно важно, по зарубежной, недостаток в которой всегда ощущала наша автомобильная промышленность.

Управление качеством отечественной автомобильной техники в настоящее время базируется на национальных и международных требованиях, изложенных в российских и отраслевых стандартах и в Правилах ЕЭК ООН, где наряду с данными о предельных значениях показателей эксплуатационных и потребительских свойств, технических характеристиках даны сведения об условиях проверки этих требований. Поэтому наличие такой нормативно-технической документации — одно из непременных условий функционирования системы управления качеством на любом предприятии отрасли. Но, к сожалению, заводы подобной документацией не всегда располагают. И уж совсем плохо то, что они практически не участвуют в формировании национальных и международных требований к автомобильной технике. Значит, нужен центр, в котором подобная информация была бы, в котором доступ к ней был бы свободным и который имел бы право влиять на процесс ее формирования.

Такой центр фактически есть. Это — НИЦИАМТ с его информационно-расчетной автоматизированной системой и банком данных. Он уже вполне способен играть роль информационного центра по проблеме управления качеством автомобильной техники, служить базой единого информационного пространства для отечественного автомобилестроения.

Дело сейчас за малым: нужно узаконить НИЦИАМТ в качестве информационного центра отрасли. Это в корне изменит условия функционирования систем управления качеством на заводах, так как откроется реальная возможность анализа и действительно достоверной оценки качества автомобильной техники. Откроется потому, что НИЦИАМТ будет заниматься централизованным сбором, обработкой,

анализом, накоплением, хранением, использованием информации о международных, национальных требованиях к автомобильной технике и фактически измененных при испытаниях показателях ее эксплуатационных и потребительских свойств.

Накопленный за 30 лет опыта работы доказал, что выгоды придания НИЦИАМТу еще и статуса информационного центра особенно хорошо видны в следующем.

Во-первых, повышается достоверность и степень сопоставимости поступающей для использования на заводах информации (единые структура и формы документооборота, исключающие произвольное толкование получаемых результатов и бессистемное представление данных в нестандартной форме; одноковые, с помощью машинных тестов, способы контроля за достоверностью и полнотой информации; надежная защита данных от искажений и утечки; сравнимость результатов испытаний и наблюдений в эксплуатации; централизованное введение новых прогрессивных методов и средств обработки информации).

Во-вторых, сократятся сроки и снизится стоимость обработки информации (единые банк данных и система управления ими; хранение информации на машиноносителях, обеспечивающих оперативный и санкционированный доступ к ней; наличие необходимого математического и программного обеспечения для многоразового и многоспектрального обращения к данным, в том числе и по ранее применявшимся формам выходных документов; возможность путей использования информации как по ранее принятой схеме, так и в форме разового запроса).

В-третьих, централизованно внедренные современные и перспективные методы обработки данных можно использовать и для решения других задач без переучивания специалистов.

Центральное звено общеотраслевой информационной системы — банк данных. Он включает собственно базу данных, нормативно-справочную базу, вычислительные средства, программное обеспечение и администрацию управления.

База данных представляет собой массив фактических данных об эксплуатационных и потребительских свойствах автомобильной техники, накапливаемый и классифицируемый по моделям, типам автомобилей (легковые, грузовые, автобусы, прицепы и полуприцепы), по аналоговым группам и т.п.

Нормативно-справочная база — это собрание требований к автомобильной технике, методов проверки этих требований (методов испытаний) и методов оценки соответствия техники требованиям. Реально это национальные (в том числе других стран) и отраслевые стандарты, Правила ЕЭК ООН, директивы ЕС и др.

В состав вычислительных средств входят персональные компьютеры, обладающие достаточными для обращения с большими массивами данных памятью и быстродействием, а также операционная система.

Программное обеспечение предназначено для обслуживания банка данных и включает два комплекта программ — системных (иначе говоря, систему управления банком данных) и прикладных. При этом ком-

плект первых решает общие стандартные программные задачи (сортировка и выбор данных по ряду признаков, першифровка и перезаведение стандартных данных и программ взаимосвязей и взаимоотношений); во второй комплект входят программы оперативной обработки данных об автомобильной технике, статистической обработки результатов испытаний и др.

Задачи накопления и передачи информации решает система документооборота, включающая носители исходной информации, машинные носители информации банка данных, выходные документы-носители окончательной информации для систем управления качеством на предприятиях.

Администрация управления банком данных руководит процессами преобразования информации внутри информационной системы.

Наиболее рациональной, отвечающей нынешнему положению отечественной автомобильной промышленности формой функционирования информационного центра могло бы быть акционерное общество, а его учредителями — автозаводы, НИЦИАМТ, НАМИ и другие организации и предприятия, заинтересованные в получении информации. Условия для такого

объединения вполне сложились, а его эффективность — и техническая, и экономическая — вполне очевидна: при малых затратах имеется возможность получить отточенно систематизированные результаты испытаний всех образцов автомобильной техники, проведенных как на основной технической базе НИЦИАМТ, так и в его северных, западно-сибирских, южных филиалах и опорных пунктах, а также в опытной эксплуатации. Причем результаты, накопленные и пополняющиеся в течение 30 лет целенаправленного функционирования отраслевого испытательного центра — НИЦИАМТа.

В заключение следует отметить, что информационный центр автомобильной промышленности Российской Федерации в условиях действия системы сертификации механических транспортных средств ГОСТ Р не только обеспечит необходимой информацией системы управления качеством на заводах-изготовителях автомобильной техники, но и приблизит последние к самому процессу сертификации, сделает его более понятным для них и, в конечном счете, позволит решить проблему конкурентоспособности наших автомототранспортных средств как на отечественном, так и на мировом рынках.

УДК 629.113/11:5:330

Коэффициент технической готовности АТС. Экономические критерии

Ф.Н. АВДОНЬКИН

Саратовский государственный технический университет

При нормальной работе АТП производительность каждого имеющегося в его распоряжении автомобиля пропорциональна коэффициенту выпуска автомобилей на линию, а он, в свою очередь, определяется коэффициентом их технической готовности. Или, проще говоря, их исправностью. Но последний в процессе эксплуатации АТС неизбежно уменьшается. Происходит это, если не принимать во внимание ДТП, по вполне понятным причинам: чем больше наработал автомобиль, тем больше он простоявает на ТО и в ТР.

Такова всем хорошо известная качественная закономерность. Но известна и количественная картина изнашивания автомобильных сопряжений и деталей: она подчиняется экспоненциальному закону. По такому же закону, очевидно, изменяются простои на ТО и в ТР, т.е. коэффициент простои (соотношение времени простои к календарному времени, в течение которого автомобиль находится в АТП) и, соответственно, коэффициент технической готовности.

Специалисты автотранспортных предприятий, естественно, заинтересованы в том, чтобы коэффициент технической готовности был возможно большим (в идеале — равным единице). Это позволяет выпускать на линию столько АТС, сколько нужно заказчику, и выполнять меньшим парком большую транспортную работу. Со всеми вытекающими отсюда социально-экономическими последствиями для трудового коллектива АТП.

Сделать это, в принципе, можно по-разному. Например, сокращая простои автомобиля в технически неисправном состоянии за счет улучшения организации ремонта в межсменное время; повышая квалификацию работников; оснащаясь современным диагностическим оборудованием и инструментом; увеличивая номенклатуру запасных частей и материалов, а также запасы наиболее "ходовой" их части. Но нельзя забывать об экономической стороне дела: цена повышения коэффициента технической готовности может превысить выгоду от этого повышения.

Отсюда вывод: нужно добиваться, чтобы коэффициент технической готовности был оптимальным со всех точек зрения.

Чтобы найти такое решение, целесообразно пойти на некоторую "перестановку" понятий: коэффициент технической готовности определять по вероятности устранения отказа. Более того, принять эту вероятность равной данному коэффициенту и выразить ее через экономические критерии.

Такая возможность есть. Количественно вероятность устранения отказа зависит от соотношения убытков от простоев автомобиля из-за каждой из перечисленных выше причин (несовершенство организации, низкая квалификация работников и т.п.) и затрат на устранение каждой причины. Особенно наглядны в этом смысле запасные части и материалы. Здесь вероятность устранения отказа равна соотношению убытков от простоев вследствие отсутствия запасных частей или материалов и убытков на их хранение на складе.

Эту вероятность еще называют доверительным коэффициентом, который и можно принять за коэффициент технической готовности.

В качестве примера в таблице приведены результаты определения коэффициентов простои и технической готовности для автомобиля-самосвала большой грузоподъемности при его работе в тяжелых

Пробег, тыс. км	Наработка на отказ, тыс. км		Затраты на восстановление, %		Коэффициент простоя		Коэффициент технической готовности	
	автомобиль	двигатель	автомобиль	двигатель	автомобиль	двигатель	автомобиль	двигатель
50	6,8	16,8	100	100	0,0045	0,0003	0,9955	0,9997
100	6,0	15,4	454	844	0,0203	0,0031	0,9797	0,9969
150	5,6	14,4	1116	5183	0,0485	0,0183	0,9515	0,9817
200	4,8	12,8	2207	14215	0,0915	0,0487	0,9085	0,9513
250	4,4	11,2	3497	24576	0,1375	0,0813	0,8625	0,9187
300	3,6	10,4	4507	31569	0,1706	0,1019	0,8294	0,8981

условиях, вычисленных по одному из факторов — именно по запасным частям и материалам.

В таблице наработка на отказ, затраты на поддержание работоспособности автомобиля, ДВС и соответственно убытки от хранения запасных частей и материалов приведены в расчете на один автомобиль и один ДВС. Причем величина этих убытков принята равной 20 % затрат на поддержание работоспособности соответственно автомобиля и двигателя, а величина убытка при простое автомобиля — постоянной за пробег каждого 50 тыс. км. Затраты на поддержание работоспособности за первые 50 тыс. км и по автомобилю, и по двигателю приняты за 100 %.

Из таблицы видно, что оптимальный коэффициент технической готовности в связи с увеличением числа отказов и потребностью в замене или ремонте деталей, узлов, агрегатов в процессе эксплуатации уменьшается как по автомобилю, так и по двигателю. Причем поскольку затраты на поддержание работоспособности ДВС составляют значительную (почти половину) часть затрат на весь автомобиль (особенно при пробеге, близком по норме к капитальному ремонту), то коэффициент технической готовности двигателя по экономическому критерию уменьшается почти столь же интенсивно, как и у автомобиля.

И второе. Изменение коэффициента технической готовности автомобиля в процессе эксплуатации по экономическому критерию подчиняется, действительно, тому же закону, что и изменение технического состояния агрегатов. Это говорит о том, что коэффициент простоя зависит в основном от затрат на поддержание работоспособности, убытки же от простоя автомобиля в ожидании необходимой запасной части от пробега автомобиля с начала эксплуатации зависят мало. Однако убытки от хранения запасных частей пропорциональны экспоненциально увеличивающимся в процессе эксплуатации затратам на поддержание работоспособности автомобиля и двигателя. Поэтому и коэффициент простоя автомобиля в ремонте в процессе эксплуатации экспоненциально

увеличивается, а коэффициент технической готовности — так же уменьшается.

Здесь рассмотрен лишь один фактор — убытки от хранения запасных частей и материалов. По такому же принципу можно определять и убытки (а следовательно, коэффициенты простоя и технической готовности) по другим названным выше факторам.

Результаты подсчетов открывают довольно интересные возможности для практики. Вот лишь некоторые из них.

1. Поскольку полный коэффициент технической готовности равен, как и любой другой КПД, произведению коэффициентов по отдельным факторам, то АТП получает возможность планировать свою деятельность с учетом своего реального положения по каждому конкретному автомобилю.

2. Так как известны коэффициенты технической готовности по отдельным факторам, то АТП может, оценив, какой из факторов влияет больше и какой меньше ("весомость факторов"), разработать и осуществить мероприятия, позволяющие наиболее просто и быстро, с меньшим вложением сил и средств повысить эффективность своей транспортной работы и свои доходы.

И последнее. Автотранспортные предприятия работают в разных условиях (по составу и пробегу АТС, обеспеченности ремонтной базой, квалификации работников, отложенности связей с поставщиками запасных частей и материалов и т.д.). Это означает, что и коэффициенты простоя и технической готовности автомобилей по отдельным факторам у них неизбежно будут разными. Так же, как и "весомость" каждого из частных коэффициентов в общем их ряду. Следовательно, разными должны быть и оптимальные величины суммарных для автомобиля коэффициентов простоя и технической готовности. Однако именно такая разностность и есть своего рода сигнал и стимул для совершенствования работы АТП. А рассмотренный выше подход (технические показатели рассчитываются через показатели экономические) лишь усиливают этот стимул.

УВАЖАЕМЫЕ ЧИТАТЕЛИ!

По всем вопросам, касающимся размещения рекламных материалов в журнале "Автомобильная промышленность", звоните в редакцию по телефонам: 298-89-18, 928-48-62 или обращайтесь по адресу: 103012, Москва, Ветошный пер., 13, комн. 424.

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.113."3721"

ОТЕЧЕСТВЕННОМУ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЮ - 70 лет. ТАК ОНО НАЧИНАЛОСЬ

Семьдесят лет тому назад, утром 7 ноября 1924 г., из ворот завода АМО вышли первые десять отечественных автомобилей АМО-1-15 и вместе с колонной заводских демонстрантов двинулись к Красной площади.

Выбор типа машины и история подготовки ее к производству имели свою, к сожалению, довольно длительную, историю.

Все началось 29 января 1916 г. Совет министров России решил отпустить средства на заказ автомобилей для потребностей военного времени. Торговый дом "Кузнецов, Рябушинские и К" (преобразованный в июне того же года в товарищество на паях "Автомобильный московский завод") заключил договор с главным военно-техническим управлением военного министерства на поставку автомобилей и получил ссуду на 11,5 млн. руб. (27 февраля 1916 г.). Месяц спустя руководители торгового дома заключили еще один договор — с акционерным обществом "Итальянский автомобильный завод в Турине" (ФИАТ) о покупке за 6 млн. 785 тыс. руб. шасси трех типов, сконструированных ФИАТОМ, сроком на 10 лет. И к январю 1917 г. на этой основе была создана и получила одобрение технической комиссии Императорского Российского автомобильного общества конструкция автомобиля АМО-ФИАТ-15 грузоподъемностью 1,5 т. Предусматривалось выпускать 1500 таких машин в год.

Предусматривалось, но не было выпущено. Война, революция, экономический кризис, грозящий обернуться катастрофой (что и произошло к осени) не позволили успешно начатое дело довести до конца. На недооборудованном заводе (точнее, в производственных мастерских) с лета 1917 г. начался ремонт автомобилей. 5 августа 1917 г. подписывается договор

с главным военно-техническим управлением сроком до 1 марта 1918 г. о просмотре, чистке, сборке и регулировке получаемых из-за границы автомобилей (кроме "Рено"), а также их ремонте.

Чертежи АМО-Ф-15, перевязанные стопками, хранились в конструкторском отделе все годы гражданской войны и еще три года, прежде чем завод смог выпустить автомобили, запланированные к производству в 1917 г.

В литературе советского периода однозначно утверждалось: завод к лету 1917 г. имел только половину необходимого оборудования. Но это не совсем так. По неопубликованным воспоминаниям бывшего уполномоченного делами АМО в 1917 г. (в советское время — одного из ведущих специалистов завода, руководившего выпуском первых машин) С.И. Макаровского, до 1924 г. завод не получил ни одного станка, поскольку они не были нужны. Подтверждает такой вывод и записка ГВТУ военного ведомства в Особое совещание по обороне государства, направленная в сентябре 1917 г. В ней говорилось:

"1. Постройка всех зданий, необходимых для осуществления всей предположенной по первоначально му договору производительности завода АМО, является вполне законченной, так как недостающие 5 % постройки падают на здания второстепенного и третьестепенного значения. Поэтому никакой поддержки предприятию АМО не требуется.

2. Оборудование завода АМО обстоит вполне удовлетворительно, так как фактически в распоряжении завода АМО имеется вполне готового оборудования 85 %. Недостающие 15 % оборудования падают на станки и приспособления второстепенного значения, кои на выпуск предполагаемого годового количества автомобилей влиять не могут. ...

4. Завод АМО, вступивший в особые договорные отношения с итальянским заводом ФИАТ и получивший от последнего лицензию на право пользования его патентами и чертежами, находится в обладании прекрасно разработанного во всех отношениях типа грузового автомобиля 1,5 т, который единогласно





признается автомобильными авторитетами наилучшим для условий работ в русской армии".

Можно, разумеется, говорить о степени объективности составленной записи. Выгодно или невыгодно кому-то было так утверждать — неизвестно. Но сейчас, по прошествии многих лет, ясно, что прежде всего причины социально-экономические, а потом уже технические не позволили в более ранние сроки начать производство первых автомобилей. Не хватало оборотных средств, мешали общая производственная анархия, подрыв авторитета специалистов, рабочая вольница, война. После гражданской — половина рабочих не имели квалификации и прогуливали. Сказались нехватка производственного опыта у оставшихся на заводе старых специалистов. Но в тех условиях Г. Форд ничего бы не сделал. Попытки организовать производство АМО-Ф-15 делались в 1918 г. и начиная с 1921 г. Технические ресурсы завода позволяли строить полутракторные грузовики, но нужно было создавать школу своего автомобилестроения. Она создавалась постепенно — в процессе восстановления "Уайтов", через крупный ремонт.

В конце гражданской войны и после ее окончания в страну небольшими группами стали прибывать бывшие наши соотечественники, до революции эмигрировавшие в Америку. Многие из них были коммунистами и возвращались, желая помочь в деле созидания нового общества. Так называемые "русские американцы" брались организовать в производстве, в том числе в автомобильном, "образцовые предприятия". 123 человека из числа работавших на американских автомобильных заводах, возглавляемые инженером А.А. Адамсом и А.Ф. Гладуном, обратились к В.И. Ленину с просьбой предоставить им в непосредственное управление завод АМО для организации производства новых автомобилей. Они обещали в кратчайшие сроки навести порядок на заводе и максимально использовать свою квалификацию и опыт. Просили дать им полную хозяйственную самостоятельность, с отчетностью по конечному результату непосредственно ВСНХ, минуя промежуточные управленческие структуры.

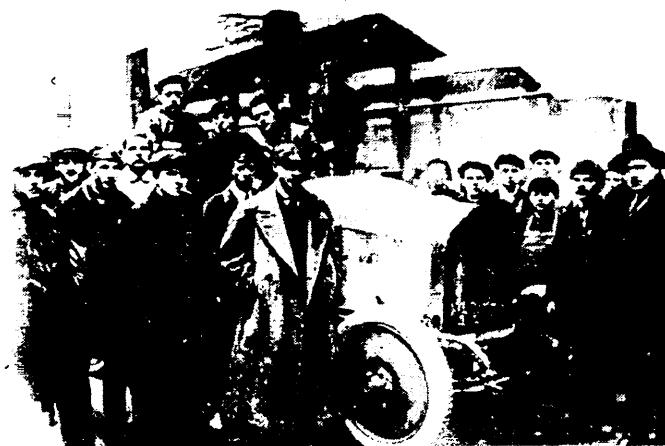
Глава правительства поддержал идею, а 25 февраля 1921 г. Совет труда и обороны принял соответствующее постановление. Реэмигранты горячо взялись за дело, но их ожидало разочарование: дела обстояли хуже, чем они думали. И на самом заводе,

и в бюрократических управленческих структурах заво-технического отдела центральной автосекции ВСНХ ("Завтоцас") предложния "американцев" не были встречены с восторгом. Наоборот, им всячески противодействовали. "Завтоцас" не желал выпускать "на волю" единственный завод, который мог давать продукцию, а рабочие и служащие АМО не желали новых порядков в укреплении трудовой и производственной дисциплины, противостояли интенсификации труда. Назначенный директором АМО А.А. Адамс и его помощник по административной линии А.Ф. Гладун начали с увольнения ненужных рабочих: если по состоянию на 1 мая 1921 г. на АМО было 469 производственных, 695 непроизводственных рабочих и 503 служащих, в том числе 732 квалифицированных и 432 неквалифицированных рабочих, то на 1 января 1922 г. соответственно — 364, 226, 352, в том числе 387 квалифицированных и 203 неквалифицированных рабочих.

Подобные меры никогда популярности не увеличивают. Тем не менее удалось поднять дисциплину. Если в 1921 г. прогулы составляли в среднем 33,8 %, то в 1922 г. — только 11,8 %.

Далеко не блестящим было техническое состояние завода. В 1921 г. ремонтировалось не более пяти автомобилей в месяц. Хорошие американские автоматы и полуавтоматы, мерительный и режущий инструмент оставались нераспакованными со времен Рябушинских. Работающие станки располагались по групповому принципу, а не по агрегатному. Таким образом, приходилось транспортировать крупные детали — блоки цилиндров и картеров — по разным группам. Не было штампов. Различные типы машин требовали индивидуального чертежа для каждого восстанавливаемого узла и детали. Очень плохо работала литейка.

В скором времени новое руководство завода пришло к выводу, что быстро и образцово наладить производство новых машин не удастся. Инженеру-практику, привыкшему к массовому производству, человеку по натуре мягкому, А.А. Адамсу было нелегко управляться с заводом, владеть его техническими вопросами. Вскоре был возвращен на завод в качестве главного инженера В.И. Ципулин, возглавлявший завод до приезда "американцев". Конфликт администрации с профсоюзной и партийной организациями привел к тому, что уже в 1923 г. А.А. Адамс запросился в отставку. 31 июля 1923 г. он сдал завод



Автомобильная промышленность, 1994, № 11

Г.Н. Королеву. После ухода с завода (уходили и другие "американцы") А.А. Адамс работал руководителем планово-технического отдела центрального управления госавтозаводами (ЦУГАЗ), в 1924 г. перешел на работу в ВСНХ, трудился в правлении Авиатреста. В 1935 г. перешел работать в генштаб Красной Армии, где служил до 1948 г. Инженер-полковник, награжден орденом Ленина и медалями.

Г.Н. Королев, кузнец-молотобоец, выдвинулся после революции. Ранее на заводе АМО не работал. Знавшие его люди отмечали, что характер он имел грубый, но обладал хорошими организаторскими способностями. Вероятно, именно тогда зародился тип хозяйственника-руководителя, грубый и резкий стиль работы которого отождествлялся с организаторским талантом. Но факт остается фактом. Именно при его руководстве завод выпустил первые автомобили. Г.Н. Королев ушел с завода в 1925 г. на должность заместителя начальника автотреста, затем работал директором на авиационных предприятиях. В 1937 г. репрессирован.

Итак, "школу автостроения" — восстановительный ремонт "Уайтов" — проходил весь коллектив завода. Проводился ремонт бригадным порядком. Бригаде давались машина, расценка работ. После бригадной перешли к групповой системе. Детали получали из механического цеха. Определенная группа людей собирала определенный агрегат и ставила на автомобиль. В литейном цехе целый год бились над литьем цилиндров и совершенно на ощупь, методами отброса негодных средств, проб и ошибок достигали-таки результатов. (Литейка первоначально имела почти 100 % брака.)

Переход к новой экономической политике, оживление производственной жизни и укрепление финансов, постепенное устранение проблемы сбыта ускорили формирование социально-экономических предпосылок создания собственного автомобилестроения.

4 мая 1923 г. промышленная секция Госплана принимает план перспективного развития автомобилестроения в СССР. Учитывались опыт прошлых лет, состояние дорог, требования военного ведомства в выборе для основного производства легких полуторатонных грузовиков типа ФИАТ.

В постановлении единственно пригодным для организации автомобилестроения признавался бывший завод АМО и утверждался план работ на пять лет с восстановлением 60 шт. "Уайтов" в 1923 г. и до 170 шт. в 1924 г., с постепенным переходом на производство 325 шт. новых автомобилей. К заданию на 1924—1925 гг. заводу дополнительно ассигновали 2 млн. 456 тыс. руб.

Коллектив предприятия, на котором к тому времени работали опытные инженеры-конструкторы Б.Д. Стреканов, Е.И. Важинский, Т.И. Эскин, приступил к дооборудованию производства.

Ход дел на АМО неоднократно заслушивали на заседаниях ЦУГАЗ, а в 1924 г., 24 марта и 7 апреля, рассматривали вопрос о выполнении соглашения с Главметаллом по производству АМО-Ф-15. Технический отдел завода приступил к окончательной проверке чертежей по имевшимся на заводе двум фиатовским эталонам автомобилей. Бюро приспособлений во главе с С.Д. Чайковым переключались на



проктирование оснастки: кроме приспособлений, штампов и инструмента проектировались станки для пропарки конической пары шестерен заднего моста, нагартовки поршневых колец, вальца для изготовления гофрированной ленты трубчатого радиатора.

Подготовка к выпуску первых машин требовала, чтобы во всех звеньях работали технически грамотные, знающие производство люди. Поэтому заместитель управляющего ЦУГАЗ С.И. Макаровский, который еще в период строительства завода заведовал его кузнечно-прессовым отделом, а в 1917 г. был уполномоченным правления АМО, был назначен (временно) на должность технического директора и заместителя директора завода. Инженер И.Э. Феткевич стал во главе контрольного отдела, профессор Б.Г. Соколов — главным инженером, а главный инженер В.И. Ципулин — главным конструктором.

Особенно удачным был выбор Владимира Ивановича Ципулина (именно он, кстати, вел 7 ноября 1924 г. автомобиль № 1): он сочетал в себе знания автомобильного конструктора, технолога и производственника. Прекрасный автомобилист, он еще во время учебы в МВТУ организовал автомобильный кружок. На АМО поступил в 1920 г., был его управляющим, главным инженером, главным конструктором (совсем недолго). С 1928 г. работал в автотресте, на Горьковском автозаводе. Так же, как и главный конструктор завода Е.И. Важинский, был репрессирован в 1937 г.

21 августа 1924 г. С.И. Макаровский, уже в новом качестве, докладывал правлению ЦУГАЗ (протокол № 26): "...За последнее время налажена работа бездействующих мастерских и приступлено к изготовлению своими средствами отдельных поковок: кулаков, шатунов, коробки скоростей, рессор. Опыт с прессовкой передней оси дал хорошие результаты. Закончен монтаж новой электрической печи. С 1 сентября завод предполагает приступить к сборке 10 моторов и 10 коробок скоростей."

15 сентября 1924 г. правление ЦУГАЗа приняло решение выпустить к 7 ноября 20 машин. Как известно, выпустили десять. Трудностей было много. Кузница не имела штамповочных молотов. Опытный кузнец Воскресенский ковал переднюю ось свободной ковкой. За месяц он сделал первые десять осей. Рабочие Захаров, Олсенев, Осипов выковывали коленчатые валы из полосы хромоникелевой стали 60 мм

толщиной и 200 мм шириной. После поковки про- сверливалось и выпиливалось все, что необходимо.

Срывалась работа по изготовлению кулачкового (распределительного) валика. Шел уже октябрь, а копировально-шлифовальный станок "нортон" не был налажен, чтобы изготовить нужный комплект из восьми копиров для получения профиля кулачков. И.Э. Феткевич применил метод обратного копирования, при котором профиль копиров получают путем шлифовки их на месте, копируя профиль соответствующего кулачка эталонного валика, установленного в центрах станка. Это позволило резко ускорить работу.

Чем ближе обозначались сроки выпуска автомобилей, тем напряженнее становилась обстановка. Очевидцы и участники происходившего единодушно отмечают деловой подъем при изготовлении первых машин. Событие это стало важнейшим для судьбы каждого амовца и — понимали — станет для всей страны. Люди не считались со временем, а перед концом сборки не выходили с завода по двое-пятеро суток, спали по очереди, устроившись в каком-либо кузове автомашины.

Общей сборкой первых автомобилей занимались Н.С. Королев, Н.Г. Ларин, А.В. Третьяков, А.З. Изотов, И.А. Павлов, двигатели собирали слесари бригады И.И. Виттенберга, коробки скоростей — бригада Малышева, задние мосты — бригада Карепова.

Не уходили сутками с завода не только сборщики, но и инструментальщики. Многие изделия изготавливались ими по разметке, предельные допуски отсутствовали, взаимозаменяемости изделий не было. Бригадиры сборки подходили к ним и просили: профрезеруй, подстрогай, рассверли... Иногда вызывали на сборку и там все вместе решали, как лучше подогнать детали.

30 октября на новом заседании ЦУГАЗ С.И. Макаровский заявил (протокол № 5), что собраны шесть моторов, давшие при испытании хорошие результаты; сборка машин идет нормально, все части изготовлены и к намеченному сроку автомобили будут выпущены.

В ночь на 1 ноября бригада Н.С. Королева собрала первый автомобиль. На раму вместо шоферского сиденья положили перевернутый ящик, у руля сел Н. Ларин. Кто-то повернул заводскую рукоятку на пол оборота. Мотор дал вспышку и заглох. Со второй попытки мотор заработал. Все ликовали. Включив первую скорость, Ларин выехал из цеха на заводской двор. Занимался рассвет.

На собранное шасси установили платформу, кабину и опорение. В.И. Ципулин сел за руль и вместе со слесарями поехал в испытательный пробег до Крестьянской заставы и, постепенно увеличивая скорость, до Рогожской. Но здесь на ходу разрушился шаровой палец рулевого управления. Машину привезли на завод на буксире. Бракованные пальцы уничтожили (они оказались из неподложенной марки стали), а ночью изготовили новые.

Наконец, днем 6 ноября последняя, десятая, машина была собрана. Окраску (все машины были

красного цвета) закончили ночью. Право вести машины на Красную площадь получили лучшие сборщики, на кузовах разместились другие участники события, остальные шли пешком. Первую машину вел В.И. Ципулин, вторую — бригадир Н.С. Королев, третью — Н.Г. Ларин. На бортах автомашин укрепили соответствующие лозунги: "Первый АМО", "Рабочий хозяин строит автопромышленность, которой не было у капиталиста-хозяина", "Обеспечим советским автомобилем детище революции — Красную Армию". По пути колонну окружали москвичи, автомобилисты. Не верилось, что машины изготовлены на заводе АМО. Наиболее энергичные залезали на них, рассматривали, прощупывали.

На Красной площади колонну амовцев приветствовали члены правительства и демонстранты.

Все вышедшие 11 ноября газеты ("Рабочая Москва", "Известия", "Правда" и др.) сообщили о демонстрации 7 ноября на Красной площади первых 10 отечественных автомашин. Анонимный рабочий завода писал, например, в газете "Правда": "Выступившие с приветствиями отмечали большой трудовой подъем, который амовцы проявили в выпуске автомобилей. При нашем положении собрать 10 автомобилей в течение пяти дней — вещь действительно небывалая..."

Но праздники завершились. Впереди были работы по испытанию эксплуатационных возможностей новых машин, организация их серийного производства.

Первый автопробег трех АМО-Ф-15 длился с 25 ноября по 9 декабря 1924 г. по маршруту Москва—Ленинград—Псков—Витебск—Смоленск—Рославль—Москва. 2 тыс. км маршрута машины прошли без повреждений и почти без неисправностей.

Журнал "Наука и техника" (№ 2) 7 января 1925 г. отмечал, что машины АМО показали на пробеге редкую надежность, экономичность, приспособленность к условиям русских дорог. Грузовики шли с полной полезной нагрузкой, развивая в среднем скорость 25—30 верст в час, а местами — до 50—54. Автопробег был несомненным доказательством успешности производственной работы завода.

Но до по-настоящему массового производства было еще далеко. В первые годы производство носило полукустарный и мелкосерийный характер. Чрезвычайно высока была себестоимость автомобилей. Тем не менее до 1931 г., когда выпуск автомобилей АМО-Ф-15 был прекращен, их сделали 6285 шт. Начало было положено, завод работал, накапливался опыт, постепенно формировался стабильный коллектив с хорошим техническим и производственным уровнем, появлялись традиции. Все это создало со временем предпосылки для организации крупного, более эффективного производства, с наименьшими потерями и ошибками, свойственными созданию подобных производств на "голом" месте.

И вот уже 70 лет работает завод. О нем много говорили и говорят, потому что его автомобилинесли огромный вклад в развитие экономики страны, ее обороны. Так было, и хочется верить, что так будет и впредь.

И.И. Студеникин
АМО ЗИЛ

АВТОМОБИЛИ КамАЗ. КОМПЕНСАТОРЫ ВЫПУСКА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Кандидаты техн. наук А.М. БРЮХАНОВ и В.К. ИТБАЕВ,
С.В. КАРАСЕВ, С.В. ПЕРЛОВ
Уфимский государственный авиационный технический
университет

В системах выпуска отработавших газов автомобилей КамАЗ двигатель с глушителем соединяется, как известно, посредством гибких металлических рукавов (компенсаторов). Конструктивно они представляют собой (рис. 1) винтовую гофрированную оболочку 1, которая изготовлена из нержавеющей стали 12Х18Н10Т. Оболочка защищена снаружи проволочной оплеткой 2 и соединена по концам с концевой арматурой 3. Рукав достаточно прост и технологичен в изготовлении. Однако опыт эксплуатации показывает, что ресурс его работы составляет лишь около 70 тыс. км. пробега, что существенно меньше ресурса автомобиля в целом. Главные из причин этого — воздействие механических нагрузок, тепловое воздействие и коррозия. При этом механические нагрузки, действующие на рукав, имеют циклический характер и включают как низкочастотные (повторно-статические), так и высокочастотные (вибрация) колебания. Под воздействием первых происходят растяжение—сжатие рукава в осевом направлении, его изгиб при поперечном смещении торцов и скручивание. Величины перемещений, которые прикладываются к рукаву при этом типе нагружения, были измерены в НТЦ АО "КамАЗ" во время ходовых испытаний автомобилей. Установлено, что колебания могут передаваться на рукав через его опоры, а также возбуждаться внутри рукава потоком отработавших газов. Причем передающаяся через опоры вибрация действует в основном в поперечном по отношению к рукаву направлении, стремясь вызвать изгибные колебания последнего, и характеризуется частотой

Таблица 1

Взаимное кручение торцов						
Амплитуда, град.	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
Частота, циклов	6	75	92	117	296	1153
Растяжение—сжатие						
Амплитуда, град.	3,0	2,5	2,0	1,5	1,0	0,5
Частота, циклов	6	75	92	117	296	1153
Радиальное смещение в горизонтальной и вертикальной плоскостях						
Амплитуда, мм	4,5	4,0	3,5	3,0	2,5	2,0
Частота, циклов:						
верти- каль- ная	100	1350	2600	7400	12400	30100
гори- зон- тальная	0	50	150	850	3500	13500
						52225
						110000
						93250

той 15–20 Гц и амплитудой виброускорения до 30 м/с². Величины таких колебаний (амплитуды) и периодичность (частоты) при пробеге автомобиля, равном 100 км, по дорогам общего пользования приведены в табл. 1.

О вибрации, возбуждаемой потоком движущихся отработавших газов, экспериментальных данных нет, и о ней можно судить только по результатам исследований, имеющих теоретический характер.

Коррозия оказывает двойное действие на материал. Во-первых, она "съедает" металл, уменьшая его толщину, во-вторых, изменяет его механические свойства. Но экспериментальных данных о влиянии коррозии на рукава СВОГ автомобилей КамАЗ тоже нет.

Таблица 2

Действующий фактор	Коэффициент влияния
Поперечный сдвиг торцов	0,09
Продольное растяжение—сжатие	0,08
Циклическое изменение температуры	0,10
Кручение торцов	0,39
Коррозия материала	0,34

Существенное влияние на работоспособность рукава оказывает высокая температура. Прежде всего, она создает в нем статические температурные напряжения, которые ведут к асимметрии циклов механических нагружений, снижая циклическую прочность материала гофрированной оболочки. Кроме того, колебания температуры при пусках—остановах двигателя, попадание влаги на поверхность оболочки и т.п. циклически изменяют термические напряжения, вызывая усталостные разрушения рукава. Наконец, повышенная температура (а в экспериментах фиксировался нагрев гофрированной оболочки до 870 К, или 600 °С) изменяет механические свойства нержавеющей стали, в частности, снижает предел ее выносимости.

С учетом всего перечисленного специалисты УГАТУ провели вариантные расчеты по оценке долговечности металлического рукава автомобилей КамАЗ. Оказалось, расчетная долговечность рукава составляет 66,2 тыс. км пробега, что близко к фактическому эксплуатационному ресурсу. При этом влияние различных факторов на долговечность следующее (табл. 2).

Как видим, наибольшее влияние оказывает кручение торцов компенсатора и коррозия материала гофрированной оболочки (39 и 34 % суммарной повреждаемости рукава). Значит, наиболее заметного увеличения ресурса рукава можно достичь, если разгрузить последний от кручения и защищать от коррозии.

Именно по этому пути и пошли специалисты (патент № 2007653 Российской Федерации).

Разработанный ими компенсатор (рис. 2) представляет собой вин-

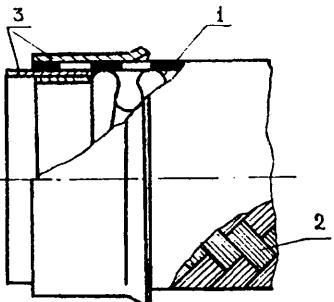


Рис. 1

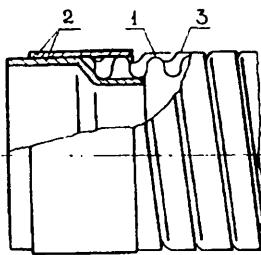


Рис. 2

тую гофрированную трубу 1, изготовленную путем намотки без сварки предварительно спрофилированной ленты и заделанную в концевую арматуру 2. Лента профилируется таким образом, что ее выступающая часть при свертке образует экран 3,

защищающий гофры компенсатора снаружи. Такое конструктивное решение, во-первых, существенно снижает уровень напряжений, возникающих при скручивании торцов компенсатора, поскольку слои гофрированной оболочки проскальзывают относительно друг друга, во-вторых, предохраняет гофры от соприкосновения с влагой и грязью, тем самым снижая влияние коррозии и циклического изменения температуры (термоциклики).

Для того чтобы оценить прочностные характеристики разработанной конструкции, в НТИ АО "КамАЗ" были проведены сравнительные стендовые циклические испытания серийных и опытных рукавов. Программа испытаний предусматривала оценку длительной прочности, герметичности и величин утечек воздуха из полости образцов при нагружении двух видов: осевом сжатии—растяжении и поперечном изгибе с одновременным кручением. Величины нагрузок выбирались таким образом, чтобы смоделировать условия, испытываемые рукавами в эксплуатации на автомобилях (см. табл. 1). При испытаниях

на сжатие-растяжение размах колебаний при длине компенсатора 490 мм составлял 12 мм с коэффициентом асимметрии $R = -2$, т.е. 4 мм составляло растяжение и 8 мм — сжатие, а при изгибе один торец компенсатора смешался относительно другого на ± 5 мм, одновременно закручиваясь на угол в $\pm 1,9^\circ$. Частота нагружения в обоих случаях была одинаковой и равнялась 4 Гц. Во время испытаний внутренний рукав создавалось избыточное давление воздуха, равное 0,02 МПа (0,2 кгс/см²), и поддерживалась температура 770 К (500 °C).

Испытаниями установлено, что при нагружении образцов растяжением—сжатием серийные рукава разрушились после наработки в 270 тыс. циклов, тогда как опытные выдержали весь цикл испытаний в 500 тыс. циклов без нарушения целостности, но величина утечек воздуха из полости компенсаторов в атмосферу возросла с 3,3 л в начале испытаний до 32,7 л в конце, что составляет ~0,1 % расхода воздуха через двигатель. При испытаниях на изгиб с кручением серийные рукава разрушились после наработки 150 тыс. циклов, в то время как опытные наработали 500 тыс. циклов без разрушений; при этом величина утечек воздуха из рукава возросла с тех же 3,3 л до 11,8 л, что составляет до 0,03 % расхода воздуха через двигатель.

Таким образом, доказано, что новая конструкция компенсатора по своим техническим характеристикам существенно превосходит серийную. Поэтому она и рекомендована к внедрению.

УДК 621.43-728

СМАЗОЧНАЯ СИСТЕМА РЕЗЕРВ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ ДВИГАТЕЛЯ

Канд. техн. наук В.С. ПАПОНОВ, А.А. ТИХОМИРОВ
НИКТИД

Проблема снижения расхода топлива в ДВС является многофакторной, поэтому ее необходимо решать путем повышения эффективности работы всех систем, узлов и агрегатов двигателя. И не в последнюю очередь — смазочной системы, потери энергии на привод насоса которой достигают 20 % всех потерь на привод вспомогательных узлов и механизмов ДВС.

Чтобы наметить пути снижения потерь энергии на привод масляного насоса, напомним, что эти потери зависят от давления нагнетания и производительности насоса, которые, в свою очередь, определяются давлениями и расходами масла, необходимыми для нормальной работы каждого из потребителей.

И здесь, как говорится, начинается самое интересное. Каждый потребитель предъявляет свои конкретные требования к параметрам масла (давлению, температуре, расходу). Причем требования эти, как правило, разные. В частности, давления и расходы масла через потребители определяются давлением в нагнетательной полости насоса, гидравлическими сопротивлениями в магистралях на участках "насос—потребитель" и расходными характеристиками потребителей, представляющими собой зависимость

расхода масла от его параметров на входе и конструктивных особенностей потребителей.

Таким образом, работу масляной системы, в принципе, с точки зрения затрат энергии на ее работу можно оценивать отношением суммы произведенений, необходимых для нормальной работы каждого потребителя расхода и давления масла, к мощности, затрачиваемой на привод масляного насоса (насосов), включающей и потери в самом приводе.

Очевидно, что числитель данного отношения представляет собой полезно использованную в смазочной системе долю энергии, сообщенной маслу в насосе. Мощность, затрачиваемая на привод насоса, учитывает все потери, как имеющие место в насосе (потери на трение в механизме привода, механические потери собственно в насосе, потери с утечками масла в зазорах качающего узла), так и вызванные сбросом избыточно нагнетаемого масла в регулятор давления (через редукционный клапан) и уменьшением давления масла при его перемещении от нагнетательной полости насоса к потребителю. Причем следует отметить, что давление, поддерживаемое редукционным клапаном, рассчитано на самый "требовательный" потребитель.

Все сказанное дает возможность определить основные направления совершенствования систем ДВС с целью снижения их энергопотребления. Это улучшение показателей масляных насосов (увеличение объемного, механического и общего их КПД, уменьшение потерь на привод); использование многосекционных насосов в тех случаях, когда потребные давле-

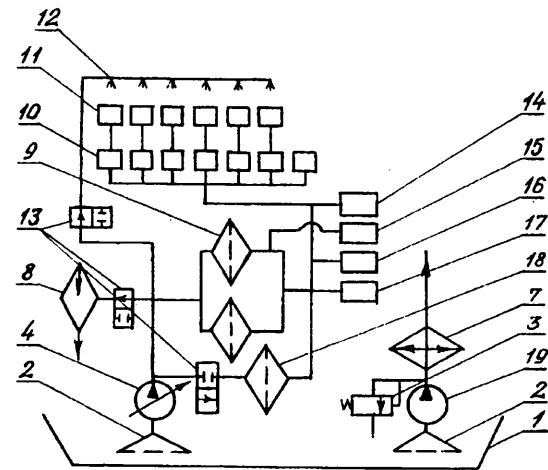
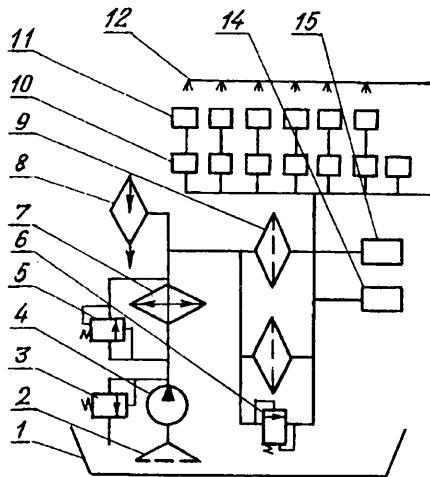


Рис. 1 и 2. Схемы смазочных систем: дизеля А11ТА, перспективного дизеля:

1 — масляный картер; 2 — маслоприемник; 3 — редукционный клапан; 4 — масляный насос; 5 — перепускной клапан теплообменника; 6 — перепускной клапан фильтра; 7 — теплообменник; 8 — неполнопоточный центробежный фильтр; 9 — полнопоточный фильтр; 10 — коренные подшипники коленчатого вала; 11 — шатунные подшипники коленчатого вала; 12 — форсунки охлаждения поршней; 13 — распределитель масла; 14 — газораспределительный механизм; 15 — подшипники турбокомпрессора; 16 — подшипники топливного насоса; 17 — шестерни распределения; 18 — дополнительный фильтр; 19 — насос системы масляного охлаждения двигателя

ния масла на входе потребителей существенно различаются; совершенствование конструкции потребителей с целью максимального сокращения расхода масла через них; уменьшение давления масла на входе в потребители до возможного из условий их нормальной работы минимума; сокращение протяженности масляных магистралей с максимальным упрощением их формы и устранением местных гидравлических сопротивлений с целью уменьшения потерь давления масла у потребителей; применение насосов с автоматически регулируемой подачей масла, обеспечивающих поддержание заданного давления масла у потребителей; использование автоматических устройств для отключения отдельных потребителей масла в тех случаях, когда их работа не нужна; введение в смазочную систему устройств, перераспределяющих в зависимости от условий работы двигателя потоки масла и обеспечивающих нормальные условия работы потребителей; уменьшение гидравлического сопротивления агрегатов системы, размещенных на участке "насос—масляная магистраль" (полнопоточных фильтров и теплообменников).

Как видим, направлений много. Чтобы оценить, какое (какие) из них наиболее целесообразно (целесообразны), в НИКТИД выполнили специальные исследования. В качестве объекта испытания был взят дизель А11ТА (6ЧН 13/14), схема смазочной системы которого приведена на рис. 1.

Результаты испытаний таковы: у этого дизеля затраты мощности на избыточно нагнетаемое в систему масло (сбрасываемое редукционным клапаном в картер) на номинальном режиме составляют 1,63 кВт (2,22 л.с.). Отмечен также значительный перепад давления масла (0,46 МПа, или 4,6 кгс/см²) на участке "масляный насос—главная магистраль", что можно объяснить в основном нерациональной конструкцией каналов на участке "насос—полнопоточный фильтр".

Выполненные затем расчеты показали: если увеличить проходные сечения масляных каналов и умень-

нить местные гидравлические сопротивления, давление в нагнетательной полости насоса можно снизить с 0,98 до 0,6 МПа (с 9,8 до 6 кгс/см²), т.е. на 39 %. Это позволит, в свою очередь, сократить затраты мощности на привод масляного насоса на 1,2 кВт (1,63 л.с.).

Были проверены и другие из перечисленных направлений. По их результатам и разрабатывалась смазочная система для перспективного дизеля, схема которой приведена на рис. 2.

В этой схеме применен основной масляный насос оригинальной конструкции: он имеет систему автоматического регулирования количества нагнетаемого масла в зависимости от давления в главной масляной магистрали. Кроме того, в ней используются автоматические устройства, перераспределяющие потоки

Показатель	Смазочная система	
	дизеля А11ТА	перспективного дизеля
Расход масла, м ³ /с · 10 ⁻³ (л/мин):		
через насос	2,25(135)	1,33(80)
через систему	1,38(80)	1,33(80)
на слив	0,916(55)	—
Давление масла, МПа (кгс/см ²), на:		
выходе из насоса	0,98(9,8)	0,6(6,0)
входе в главную масляную магистраль	0,4(4,0)	0,4(4,0)
КПД масляного насоса	0,55	0,55
Мощность привода масляного насоса, кВт (л.с.)	4,00(5,44)	1,45(1,97)
Уменьшение затрат на привод масляного насоса, в:		
кВт (л.с.)	—	2,55(3,47)
%	—	63
Удельный эффективный расход топлива, г/(кВт· ч) (г/(л.с.· ч))	225(165,6)	222(163,4)

масла через агрегаты очистки при изменении вязкости масла и отключающие на режимах пуска и прогрева двигателя такие потребители масла, как форсунки охлаждения поршней и неполнопоточный центробежный фильтр. В схеме: как видно из рисунка, нет регулятора давления (редукционного клапана).

Основные показатели старой и новой смазочных систем приведены в таблице. Как из нее следует, у новой масляной системы затраты на привод насоса на 63 % меньше. А это — прямое улучшение топливной экономичности дизеля. Уменьшение расхода топлива, по сравнению с дизелем А11ТА, должно, по расче-

там, составить 3 г/(кВт·ч), или 2,21 г/(л.с·ч).

Совершенствование смазочной системы, в частности, отключение отдельных потребителей, улучшает эффективность работы системы на режимах пуска, прогрева и частичных нагрузок двигателя, поскольку давление масла устанавливается не выше необходимого уровня и на 14—17 % сокращается время задержки поступления масла в главную магистраль. Подача масла в количестве, не превышающем потребление системы на каждом режиме работы двигателя, кроме того, уменьшает подогрев и насыщение масла воздухом, что увеличивает срок службы между заменами.

УДК 629.067/62-592.52

БАЗОВАЯ МОДЕЛЬ ПНЕВМАТИЧЕСКОЙ АБС

Д-р техн. наук Я.Н. НЕФЕДЬЕВ

Наиболее расхожих объяснений большого числа дорожно-транспортных происшествий два: дороги и дисциплина участников движения. О первом говорят со вздохом, дающим понять, что радикальных изменений в этой области не предвидится, а второе используется некоторыми государственными структурами как аргумент для повышения штрафов и прочих санкций.

Не отрицая негативного влияния упомянутых факторов на аварийность автотранспорта, смею утверждать, что ими не исчерпывается арсенал средств в борьбе за снижение ущерба от ДТП, за жизнь и здоровье людей, осмыслившихся сесть за руль автомобиля. Наивно полагать, что водители скоростных динамичных автомобилей даже в условиях зимних дорог, не обеспечивающих максимального сцепления с шиной, в состоянии постоянно находиться под психологическим прессом необходимости ограничения скорости движения. Ошибки в оценке дорожной ситуации неизбежны при любом уровне штрафов. Поэтому одним из наиболее радикальных средств обеспечения безопасности на дорогах является приведение конструкции автомобиля в соответствие с теми условиями, в которых он эксплуатируется. Здесь на первый план выдвигается проблема контроля над автомобилем на всех режимах его движения, включая интенсивный разгон и, главное, торможение. Особенно важно обеспечить устойчивость и управляемость автотранспортных средств на дорогах с пониженным сцеплением, которые для наших климатических условий скорее норма, чем исключение.

Техническое средство, предотвращающее при торможении юз колес и связанный с ним занос автомобиля, известно: это антиблокировочная система (АБС) тормозов, обеспечивающая на любом покрытии сцепление шины с поверхностью дороги, близкое к теоретическому пределу. Несмотря на значительную стоимость, повышающую цену автомобиля с АБС на 5—10 %, эти системы получили широкое распространение. В частности, существенное положительное влияние АБС на снижение аварийности сделало их неотъемлемой частью конструкций зарубежных АТС категорий М₃, Н₃, О₄.

В нашей стране также проводятся работы по приведению конструкций отечественных автомобилей в соответствие с международными нормами. Наиболее заметным шагом в этом направлении стал разработанный при активной поддержке Роскоммаша базовый комплект АБС, предназначенный для применения на АТС с пневматической тормозной системой — таких, как автобусы большой вместимости, большегрузные автомобили и автопоезда. Приоритет в обеспечении безопасности конструкций именно этой категории АТС вызван особой тяжестью последствий ДТП с их участием.

Концептуально базовый комплект АБС представляет собой наименьшую конфигурацию системы, обеспечивающую выполнение требований Правила 12 ЕЭК ООН, и не отличается от аналогичной продукции таких фирм, как "Бош", "Вабко", "Кнорр". Он состоит из традиционного набора, включающего датчики частоты вращения колес, исполнительные устройства (модуляторы тормозного давления), микропроцессорный блок управления, соединительные жгуты проводов. Более того, для обеспечения возможности установки на наших автомобилях как отечественных, так и импортных АБС элементы базового комплекта по присоединительным размерам унифицированы с аналогичными изделиями ведущих зарубежных фирм. Конечно, такая унификация систем, вызванная необходимостью их установки на автомобилях, которые предназначены для экспорта, добавила ряд проблем отечественным производителям. В частности, потребовались дополнительные затраты на разработку новых комплектующих изделий, применяемость которых не ограничивается АБС (таких, как электрические разъемы повышенной надежности для подсоединения датчиков и модуляторов, а также разъем блока управления на 35 контактов). Кроме того, возможность комплектации автомобилей той или иной системой создает зарубежным фирмам благоприятные условия для проникновения на внутренний рынок России, заставляя разработчиков и изготовителей базового комплекта с первых шагов работать в условиях жесткой конкуренции. (Последнее обстоятельство определило выбор партнеров по разработке и выпуску АБС из числа оборонных предприятий, переживающих конверсионную перестройку, так как они уже обладают необходимой технологической базой и организационной структу-

рой, способными обеспечить высокое качество сложной продукции, что существенно снижает объем инвестиций в развитие основных производственных фондов и подготовку кадров.)

Не останавливаясь на подробном описании базового комплекта АБС (см. "АП", 1991 г., № 1), тем не менее подчеркнем основные особенности, отличающие его от продукции западных фирм.

Основой информационного обеспечения АБС служат индукционные датчики частоты вращения колеса, взаимодействующие с зубчатым ротором, который укреплен на тормозном барабане. Недостаточная культура производства и эксплуатации автотранспорта в России не позволяет рассчитывать на постоянство зазора между ротором и датчиком, вследствие чего к чувствительности датчика предъявляются повышенные требования. Для их выполнения оказалось необходимым увеличить, по сравнению с зарубежными аналогами, длину датчика на 15 мм (при сохранении посадочного диаметра).

Одним из важнейших факторов, определяющих качество работы АБС, является быстродействие модулятора. По этому параметру модулятор, разработанный научно-производственным предприятием "Алмаз", идентичен модуляторам "Бош" и "Вабко" (9–12 мс). Однако стабильность быстродействия в области пониженной рабочей температуры у нашего модулятора выше, что для климатических условий России очень важно, поэтому работоспособность системы при низких температурах (до 233 К, или -40°C) составляет предмет особого внимания разработчиков. Здесь учтены даже такие, казалось бы, мелочи, как изменение эластичности соединительных жгутов: климатические испытания кабеля, специально разработанного для АБС НИИ кабельной промышленности, показали, что он значительно превосходит по своим характеристикам зарубежные образцы.

Наиболее ответственный элемент АБС — без сомнения, блок управления. В плане обеспечения конструктивной прочности и надежности от соответствует всем необходимым требованиям. Наибольшие трудности при проектировании системы связаны с отработкой алгоритма управления. Этот процесс требует от разработчиков большого опыта, в том числе глубокого проникновения в "физику" явлений, происходящих в контакте колеса с поверхностью дороги. Учитывая весьма ограниченный объем натуральных исследований, которые проведены на автомобилях, оборудованных АБС, в блоке управления предусмотрены резервы, позволяющие развивать алгоритм по мере накопления опыта испытаний и эксплуатации, а также корректировать его в соответствии с особенностями конкретных типов АТС. (Необходимо отметить, что, несмотря на значительно больший опыт исследования АБС в составе различных автомобилей, такие, например, фирмы, как "Бош" и "Вабко", тоже предусматривают достаточно длительный и дорогостоящий этап адаптации АБС при поставках на новые типы и модели АТС.)

Что касается функционирования базового комплекта АБС, то он не только удовлетворяет всем требованиям Правил 13 ЕЭК ООН, предъявляемым к системам категории "1", но и, как показали срав-

нительные испытания, обеспечивает вид переходных процессов управления колесом, практически не отличимый от функционирования зарубежных АБС. Тем не менее следует признать, что вычислительные возможности блока управления в части дополнительных функций, касающихся самодиагностики, уступают зарубежным аналогам. Однако это вызвано не столько ограниченными возможностями элементной базы, освоенной российской электронной промышленностью, сколько отсутствием необходимости в выполнении таких функций из-за неразвитости средств диагностики, способных воспринять дополнительную информацию о системе (в частности, на основе обмена данными по протоколу проекта стандарта ISO-9141). С точки зрения базовой функции АБС, определяемой конфигурацией системы, претензий к элементному составу блока управления, главным компонентом которого является созданная в процессе разработки системы однокристальная микроЭВМ семейства 1899, нет. Эта 24-разрядная микроЭВМ, выполненная по к-МОП технологии, имеет три порта для обмена данными с внешней средой, два из которых двунаправленные, способна работать на тактовой частоте до 12 МГц и рассчитана на работу при температурах, начиная с 213 К (-60°C).

В комплект поставки АБС включен дополнительный элемент, который представляет собой коммутационный блок, содержащий электрические элементы системы (реле, предохранители, диагностический разъем), обычно "разбросанные" по всему автомобилю. Целесообразность введения этого блока диктуется, во-первых, желанием облегчить процесс интеграции АБС в схему электрооборудования автомобиля и, во-вторых, необходимостью применения специального диагностического разъема, позволяющего проводить контрольные операции без принятой в таких случаях расстыковки системы.

Таким образом, можно считать решенной задачу создания базового комплекта АБС, включая вопросы производства новых типов комплектующих изделий (электрических разъемов, микропроцессоров, кабелей и др.), поднимающих технический уровень и других электронных систем на современную высоту. При этом образовалась устойчивая группа разработчиков и производителей, объединяющая предприятия автомобильной и ряда оборонных отраслей промышленности.

Затраты на разработку АБС, хотя и составляют не более 5 % аналогичных затрат ведущих зарубежных фирм (за весь период, начиная с 1974 г.), тем не менее достаточно весомы. Поэтому большое сожаление вызывает то обстоятельство, что АБС в России практически не применяется. И вот почему.

Во всем мире внедрение АБС стимулировалось введением соответствующих законов, инициируемых специальными правительственными органами. Сначала эти законы были чисто национальными, а с 1989 г. приобрели международный характер (поправка 06 к Правилу 13). Россия же, являясь участником международного Женевского соглашения по безопасности автомобильного транспорта и будучи обязанной применять предписания Правил ЕЭК ООН на своей территории, не имеет механизма контроля за их внедрением и соблюдением. Кроме того, про-

мышленное лобби из тех, что отграживают страну от прогресса путем увеличения пошлин на ввоз передовой техники, препятствует и осуществлению права граждан на безопасность транспорта, затрудняя разработку и введение в действие законодательных актов, запрещающих регистрацию транспортных средств, конструкция которых не соответствует со-

временным требованиям. Тем временем средства, вложенные в создание наукоемкой продукции, обесцениваются, теряется научный и конструкторский потенциал, простираются тысячи рабочих мест на предприятиях, обладающих высокими технологиями, продолжается выпуск устаревших автомобилей и множится количество их жертв.

УДК 629.054

ТЕПЛОВЫЕ БОРТОВЫЕ ПРИБОРЫ

Кандидаты техн. наук И. В. СЕЛЕЗНЕВ и
Ю. Д. НИКОЛАЕВ
НИИАЭ

Щитковые контрольно-измерительные приборы, хотя и составляют в себестоимости автомобиля незначительный процент, однако выпуск их огромен, исчисляется многими миллионами штук, поэтому требует больших материальных затрат. Тем более — применяемые до настоящего времени приборы логометрического типа. Несмотря на то, что по своим метрологическим показателям они удовлетворяют требованиям эксплуатации, обладая широкой и удобной в наблюдении шкалой с углом размаха 90° и выше, независимостью показаний от колебаний напряжения в сети автомобиля, способностью работать в системах с напряжением как 12, так и 24 В, на изготовление одного логометра требуется 12—15 г тонкого медного провода и около 1 г магнитных материалов, а это в пересчете на годовую программу выпуска составляет десятки тонн дефицитных материалов. Кроме того, многие детали изготавливаются по трудоемким технологиям (точение, прессование, шлифование, литье).

Есть у логометров и функциональный недостаток — колебания стрелок указателей, что особенно заметно на указателях уровня топлива. Эти колебания затрудняют наблюдение за показаниями, отвлекают внимание водителя от управления автомобилем. Если же применять устройства демпфирования подвижной системы, то это опять-таки повышает трудоемкость изготовления логометров и их себестоимость.

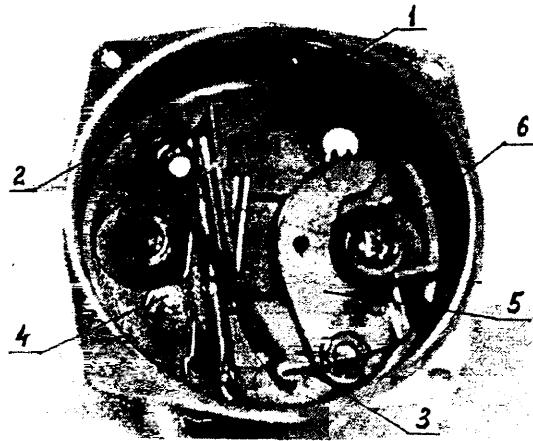


Рис. 1. Конструкция теплового приемника:
1 — биметаллическая пластина; 2 — стрелка; 3 — пружина; 4 и 5 — регулировочные рычаги; 6 — клеммы

Все перечисленное заставляет разработчиков приборов искать пути создания более совершенных конструкций. И один из таких путей — тепловые щитковые приборы.

Их уже выпускают некоторые зарубежные фирмы (японская "Ниппон Денсо", английская "Эй Си Делко", германская "Мото Метер" и др.). Устанавливают их на таких легковых автомобилях, как "Тойота", "Опель Кадет", "Фольксваген Пассат", "Форд Эскорт" и др.

Тепловые приборы отличаются простотой конструкции, технологичностью изготовления и малой материалоемкостью: их масса более чем в 2 раза меньше массы логометров. Большинство деталей механизма изготавливаются штамповкой. Повышенная тепловая инерция снимает проблему колебаний стрелки. От тепловых приборов первого поколения, широко применявшихся на зарубежных и отечественных автомобилях 1940—1960 гг., они отличаются тем, что импульсные датчики заменены более надежными и стабильными в работе датчиками резистивного типа и наличием стабилизатора напряжения.

Типичная конструкция приемника теплового прибора приведена на рис. 1. Как из него видно, механизм этот — рычажного типа. Основным его рабочим элементом является биметаллическая пластина 1 с обмоткой, концы которой соединены с выводными клеммами 6. Пластина закреплена на рычаге 4, а на рычаге 5 крепится пружина 3. На крючках пластины и пружины подвешена стрелка 2.

Пластина 1 — П-образная. Сделано это для термо-компенсации показаний при изменении температуры окружающей среды.

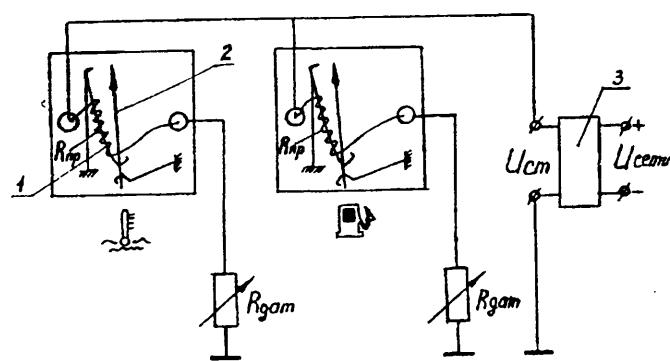


Рис. 2. Электрическая схема указателей температуры и уровня топлива:

1 — биметаллическая пластина; 2 — стрелка; 3 — стабилизатор напряжения; 4 — R_{np} — сопротивление обмотки приемника; 5 — R_{dat} — сопротивление датчика

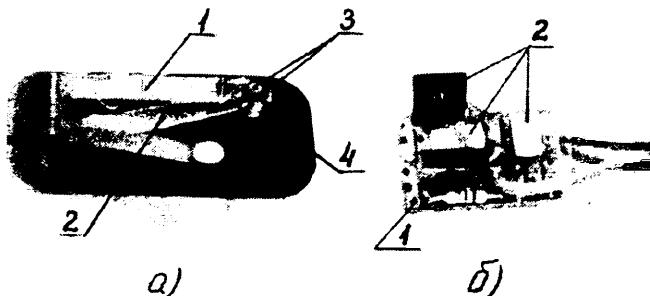


Рис. 3. Конструкции стабилизаторов напряжения:
а) 1 — биметаллическая пластина с обмоткой, 2 — токоведущая шинка, 3 — контакты, 4 — регулировочный винт; б) 1 — печатная плата, 2 — комплектующие элементы

В механизме имеются две классические регулировки показаний: стартовая и масштабная. Первая выполняется поворотом рычага 4, вторая — рычага 5. Для обмотки пластин 4 обычно применяется высокомоментный никромовый провод в волокнистой синтетической изоляции. Расход провода на 1 прибор ~0,1 г.

Электрическая схема тепловых указателей температуры и уровня топлива приведена на рис. 2. Как из него видно, оба указателя подключаются параллельно, к клеммам стабилизатора напряжения 3. Электрический ток, проходя по обмотке биметаллической пластины 1, нагревает ее. При этом пластина изгибаются и поворачивает стрелку 2 приемника.

Выходное напряжение выбирается ниже минимального напряжения сети и обычно составляет 9—10 В; максимальный потребляемый двумя указателями ток составляет 0,2—0,25 А.

В зарубежных образцах тепловых приборов применяются два типа стабилизаторов напряжения: биметаллический (рис. 3, а) и электронный (рис. 3, б). Чаще встречается первый тип, что объясняется его простотой и низкой стоимостью.

Основной рабочий элемент в биметаллическом стабилизаторе — биметаллическая пластина 1 с обмоткой. При этом один конец обмотки соединен с пластиной 1, а второй — с клеммой "масса". На пластине крепится контакт 3, второй контакт закреплен на шинке 2. Электрический ток по этой шинке подается на контакты 3 и далее в обмотку пластины 1. При этом он нагревает пластину, она изгибаются и размыкает контакты 3; ток в цепи прекращается. После охлаждения пластины контакты 3 снова замыкаются; ток в цепи возобновляется.

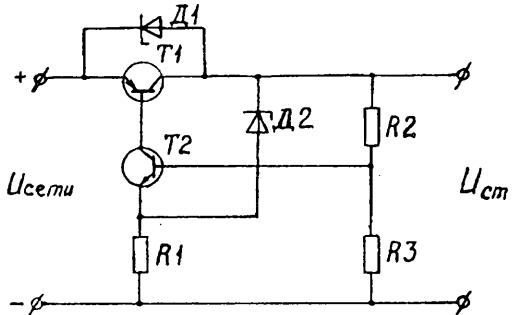


Рис. 4. Электрическая схема электронного стабилизатора напряжения

Таким образом, в цепи стабилизатора возникает пульсирующий ток. Величина его не зависит от напряжения сети, а только от усилия прижатия контактов 3, которое регулируется винтом 4.

Единственным недостатком данного стабилизатора является наличие в механизме разрывных серебряных контактов. Их подгар в процессе работы может вызывать изменение выходного напряжения и, соответственно, погрешности показаний приборов. Кроме того, серебро дорого и довольно дефицитно, что ограничивает его применение в изделиях массового производства.

Конструкция электронного стабилизатора (рис. 3, б) представляет собой печатную плату 1, на которой смонтированы комплектующие элементы 2. По габаритным размерам он даже несколько меньше биметаллического стабилизатора. Отсутствие же в механизме разрывных контактов делает его работу более стабильной и увеличивает срок службы.

В НИИ разработана своя конструкция (рис. 4) электронного стабилизатора напряжения для тепловых приборов. В ее схему входят два транзистора (КТ814В и КТ605М), два стабилитрона (КС162А) и три резистора (МЛТ).

Основные параметры схемы: выходное напряжение — 10,5 В, максимальный ток нагрузки — 0,25 А, рабочий диапазон температур — 223—333 К (−50—+60 °C).

Разработаны в НИИАЭ (1989—1993 гг.) и образцы тепловых приборов. Они опробованы в лабораторных условиях и показали положительные результаты. Приемники указателей этих приборов изготовлены на базе отечественных марок термобиметалла ТБ200/113 и ТБ148/79. Для обмотки биметаллической пластины применен никромовый провод диаметром 0,08 мм в волокнистой стеклоизоляции. Датчики указателей — серийные ТМ106 (температуры) и БМ154 (уровня топлива).

По своим метрологическим показателям образцы новых приборов не уступают приборам логометрическим, а в отношении экономичности и надежности существенно превосходят их.

*
*

ВЫБОР МОМЕНТА ИНЕРЦИИ МАХОВИКА КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА БЫСТРОХОДНОГО МАЛОЦИЛИНДРОВОГО ДВИГАТЕЛЯ

Л.Х. БОРОДЯНСКИЙ, Л.В. КОРЧЕМНЫЙ, А.А. ЧАПЧАЕВ
НАМИ, АО "Стройпрогресс"

При проектировании ДВС момент инерции маховика выбирают или по степени неравномерности вращения коленчатого вала на номинальном режиме, или из условия, что машина сможет тронуться с места за счет кинетической энергии, накопленной маховиком при разгоне двигателя. Однако опыт показывает, что область применения первой из методик следует ограничить двигателями, предназначенными для машин с жесткими требованиями к постоянству скоростного режима — таких, как электрогенераторы. В других случаях, в том числе для автотракторных двигателей, обоснованно задать допустимые величины степени неравномерности вращения затруднительно — слишком много у них режимов работы. Вторая методика, предназначенная только для двигателей транспортных машин, тоже дает чисто условный результат, поскольку в ней неверна сама постановка задачи. Дело в том, что трогание с места современных машин происходит в основном благодаря передаче трансмиссии крутящего момента двигателя, а не энергии, накопленной маховиком. Доказательство тому простое: частота вращения коленчатого вала при трогании АТС с места чаще всего не падает (как должно получиться, если процесс идет за счет кинетической энергии маховика), а, наоборот, растет.

Кроме того, для использования обеих методик требуются инерционные характеристики как самого двигателя, так и потребителя энергии. Это затрудняет их применение, особенно при создании маховиков для малоразмерных двигателей многоцелевого назначения.

Перечисленные выше недостатки расчетных методик можно "обойти", если момент инерции маховика малоразмерного двигателя выбирать на основе расчета неравномерного вращения коленчатого вала на одном режиме — при пуске двигателя: такой подход позволяет найти тот минимальный момент инерции, при котором после окончания прокручивания коленчатого вала стартером двигатель сможет работать на холостом ходу и не заглохнет, когда к нему будет приложена внешняя нагрузка.

Метод основан на численном интегрировании хорошо известного уравнения неравномерного вращения коленчатого вала двигателя:

$$J\epsilon = M_r + M_j - M_t - M_c, \quad (1)$$

где J — момент инерции вращающихся масс двигателя; ϵ — угловое ускорение коленчатого вала; M_r , M_j и M_t — составляющие крутящего момента на коленчатом валу соответственно от сил давления газов в цилиндрах, сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс кривошипно-шатунного механизма и внутренних потерь (потерь на трение и насосных потерях) в двигателе; M_c — момент сопротивления

вращению коленчатого вала, создаваемый внешней нагрузкой.

Все составляющие данного уравнения рассчитываются довольно просто.

Так, крутящий момент M_r от одного цилиндра равен:

$$M_r = p_r F_n r [\sin \alpha + (\lambda/2) \sin 2\alpha], \quad (2)$$

где p_r — избыточное давление газов в цилиндре, задаваемое индикаторной диаграммой; F_n — площадь поршня; r — радиус кривошипа; α — угол поворота кривошипа от его положения при ВМТ поршня; λ — отношение радиуса кривошипа к длине шатуна.

При равномерном вращении коленчатого вала угол α пропорционален ω — постоянной угловой скорости вращения коленчатого вала, т.е. правая часть равенства (2) — известная функция времени t . При неравномерном вращении зависимость $\alpha(t)$ заранее известна, следовательно, текущее значение $M_r(t)$ приходится определять в процессе интегрирования уравнения (1).

Для определения M_r на рассмотренном расчетном режиме и для бензинового двигателя, и для дизеля возьмем теоретическую индикаторную диаграмму с политропическим сжатием и расширением газов в цилиндре и с мгновенным изменением давления в мертвых точках при подводе и отводе теплоты. (Последнее оправдано тем, что в самих мертвых точках M_r равен нулю при любых величинах p_r , а в окрестностях этих точек ошибка в задании p_r в значительной мере компенсируется малостью множителя, стоящего в формуле (2) в квадратных скобках.)

Нагрузка на двигатель задается в расчетной индикаторной диаграмме условной (соответствующей мгновенному подводу теплоты) степенью повышения давления газов в цилиндре при сгорании, а для карбюраторного двигателя — еще и давлением p_a начала сжатия.

На протяжении насосных ходов силы давления газа в цилиндрах двигателя малы, поэтому при расчете M_r их можно не принимать во внимание.

Крутящий момент от сил инерции возвратно-поступательно движущихся масс одного цилиндра двигателя

$$M_j = -m J r [\sin \alpha + (\lambda + 2) \sin 2\lambda], \quad (3)$$

где: m — масса поршня в сборе с пальцем и кольцами, сложенная с приведенной к оси поршневой головки частью массы шатуна; J — ускорение поршня. Последнее при неравномерном вращении коленчатого вала вычисляется по следующей зависимости:

$$J = r \epsilon [\sin \alpha + (\lambda/2) \sin 2\alpha] + r \Omega^2 (\cos \alpha + \lambda + \cos 2\alpha), \quad (4)$$

где Ω — угловая скорость коленчатого вала при неравномерном его вращении.

Среднее значение M_t крутящего момента на коленчатом валу, требующегося для преодоления внутренних потерь в двигателе на постоянном скоростном режиме, пропорционально их среднему давлению p_t , линейно зависящему от средней скорости поршня c_m .

Следовательно,

$$M_t = (A + Bc_m)iV_h, \quad (5)$$

где i — число цилиндров двигателя; V_h — рабочий объем одного цилиндра; A и B — коэффициенты, величина которых определяется типом двигателя и особенностями его конструктивной схемы.

Примем, что зависимость, аналогичная формуле (5), справедлива и для текущей величины момента M_t , т.е. что его переменная составляющая пропорциональна сумме модулей скоростей поршней всех цилиндров двигателя.

Момент силы внешнего сопротивления вращению коленчатого вала двигателя внутреннего сгорания, как правило, представляет собой медленно изменяющуюся — по отношению к углу поворота кривошипа — функцию. Поэтому при расчете неравномерного вращения коленчатого вала в пределах одного рабочего цикла двигателя допустимо принимать $M_c = \text{const}$. При пуске двигателя $M_c = 0$, а при его нагружении можно приближенно определять максимально возможное для заданной индикаторной диаграммы значение постоянного момента M_c внешнего сопротивления, не приводящее к снижению скоростного режима двигателя, т.е. принимать, что

$$M_c = \bar{M}_r - \bar{M}_t, \quad (6)$$

где \bar{M}_r и \bar{M}_t — средние (на рассматриваемом режиме) значения составляющих M_r и M_t крутящего момента двигателя.

Приближенность определения M_c по формуле (6) обусловлена тем, что приложение нагрузки к двигателю в большинстве случаев происходит вследствие присоединения к нему дополнительных масс. При этом вместо уравнения (1) необходимо решать другие уравнения, описывающие поведение системы "двигатель-потребитель энергии", в которые должны входить величины моментов инерции масс, присоединенных к двигателю. Однако для рассматриваемой задачи достаточно получить закон изменения угловой скорости коленчатого вала, как максимум, в пределах двух оборотов коленчатого вала. При наличии в силовом агрегате фрикционной муфты допустимо предположить, что за столь малый промежуток времени процесс ее буксования еще не закончится. Это, с одной стороны, означает, что момент внешнего сопротивления, нагружающий двигатель, равен моменту муфты и, следовательно, может быть принят постоянным. С другой стороны, отмеченное обстоятельство оправдывает возможность использования для описания вращения коленчатого вала уравнения (1), не учитывая наличия других масс, присоединяемых к коленчатому валу двигателя при его нагружении.

Исследование влияния момента инерции маховика проводилось при нескольких уровнях внешней нагрузки как для дизелей, имеющих два или четыре цилиндра, так и для бензиновых двигателей. Все сравниваемые двигатели имели одну и ту же размерность цилиндра: $D = 82$ мм, $S = 89,5$ мм.

В вариантах расчетов, относящихся к дизелям, степень сжатия была принята равной 17,5; давление начала сжатия 0,09 МПа ($0,9$ кг/см 2); условная

величина степени повышения давления при сгорании изменялась в диапазоне от 1,2 (для режима разгона на холостом ходу после пуска двигателя) до 2,56 (полная нагрузка двигателя при максимальном давлении газов в цилиндре, равном 10 МПа, или 100 кгс/см 2). Для бензинового двигателя степень сжатия принималась равной 10, давление начала сжатия в цилиндре изменялось в пределах 0,06—0,09 МПа (от 0,6 до 0,9 кгс/см 2).

Наличие в двигателе, помимо маховика, других вращающихся масс несколько (ориентировочно на 15—30 %) понижает необходимую величину момента инерции маховика. Чтобы этого не случилось, в расчетах суммарный момент инерции всех вращающихся масс данного двигателя изменяли от 0,08 до 1,0 кг·м 2 . Такой диапазон вполне обоснован: нижняя граница несколько меньше величины момента инерции вращающихся масс у моделей отечественных двигателей рассматриваемого класса — ВАЗ-2101 и АЗЛК-2141 (у них $J \approx 0,12$ кг·м 2), а верхняя граница превышает величины, необходимые для малоразмерных двигателей. Кроме того, правильность выбора диапазона проверялась расчетом минимального значения мгновенной частоты вращения (n_{\min}) коленчатого вала: если это значение оказывается отрицательным, т.е. в некотором положении механизма коленчатый вал начинает вращаться в другую сторону, это означает, что на рассматриваемом режиме кинетической энергии маховика не хватает для преодоления сил сопротивления вращению коленчатого вала на всем протяжении его оборота, и двигатель остановится; если же это значение, которое, как показали расчеты, получается в окрестности ВМТ сжатия, меньше некоторой минимально допустимой величины, двигатель может заглохнуть из-за нарушения нормальной работы в таких условиях системы подачи топлива (в дизеле) или системы зажигания (в бензиновом двигателе).

Некоторые результаты расчетов, относящихся к случаю, когда $n_{\min} = 100$ мин $^{-1}$, приведены на рис. 1—3. Как видно из рисунков, неравномерность вращения коленчатого вала на всех рассмотренных режимах работы оказалась чрезвычайно большой, особенно у двухцилиндровых двигателей (рис. 1). Например, для того чтобы на холостом ходу двухцилиндрового дизеля с равномерным чередованием вспышек и $J = 0,08$ кг·м 2 частота вращения коленчатого вала не упала в ВМТ ниже 100 мин $^{-1}$, в НМТ она должна превышать 690 мин $^{-1}$ (кривая 1). Приложение к этому дизелю после пуска внешней нагрузки M_c потребуется поднять частоту вращения в НМТ еще выше — до 840 мин $^{-1}$ (кривая 2). У бензинового двигателя вследствие меньших давлений газов в цилиндрах на тактах сжатия и расширения диапазон изменения частоты вращения коленчатого вала несколько сокращается, оставаясь, однако, достаточно большим: при той же величине n_{\min} частота вращения в НМТ оказалась близкой к 600 мин $^{-1}$ (кривая 3).

Увеличение J уменьшает неравномерность вращения: при $J = 0,4$ кг·м 2 заданная величина n_{\min} получится, если в НМТ частота вращения коленчатого вала равна 320 мин $^{-1}$ (кривая 4).

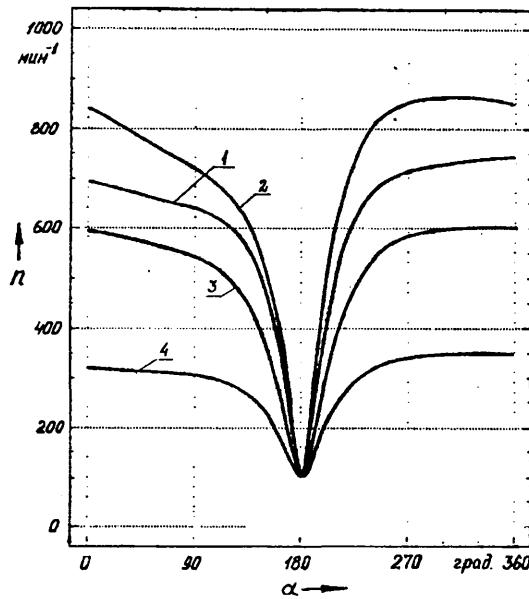


Рис. 1. Зависимости от угла α мгновенной частоты вращения коленчатого вала двухцилиндровых четырехтактных двигателей с параллельными кривошипами при $n_{min} = 100 \text{ мин}^{-1}$:

1 — дизель, холостой ход, $J = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; 2 — дизель, приложена внешняя нагрузка, $J = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; 3 — бензиновый двигатель, холостой ход, $J = 0,08 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$; 4 — дизель, холостой ход, $J = 0,4 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$

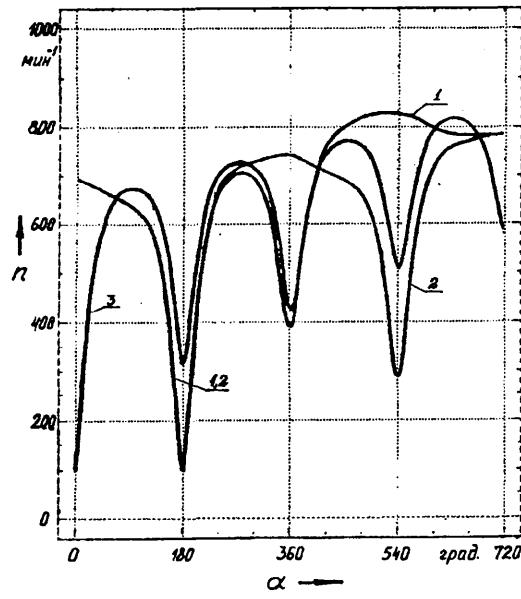


Рис. 2. Зависимости от угла α мгновенной частоты вращения коленчатого вала для различных малоразмерных четырехтактных дизелей:

1 — двухцилиндровый с противоположно направленными кривошипами; 2 — двухцилиндровый с параллельными кривошипами; 3 — четырехцилиндровый

На всех графиках рис. 1, относящихся к холостому ходу, частота вращения коленчатого вала в конце периода изменения крутящего момента оказалась несколько выше, чем в начале. Это означает, что при выбранных параметрах индикаторной диаграммы двигатель после пуска будет разгоняться. На следующем (после просчитанного) периоде изменения крутящего момента частота вращения коленчатого вала всюду окажется выше минимально допустимой, и опасности остановки двигателя для данного варианта расчета нет. Разгон (если сохранятся условия холостого хода) будет продолжаться до тех пор, пока возрастающий при увеличении скоростного режима средний момент сил внутреннего сопротивления не уравновесит средний крутящий момент двигателя.

В противоположном случае, когда в конце периода частота вращения коленчатого вала меньше, чем в начале, на следующем периоде частота вращения должна упасть ниже минимально допустимой величины. Это может привести к нарушению нормальной работы и к остановке двигателя.

Разгон двигателя после пуска особенно наглядно виден на кривых, изображенных на рис. 2. Они построены для трех четырехтактных дизелей различных конструктивных схем, но с одинаковой величиной момента инерции J вращающихся масс. Для удобства сопоставления все кривые даны на протяжении двух оборотов коленчатого вала. Этот промежуток равен одному периоду изменения на установившемся режиме крутящего момента у двухцилиндрового дизеля с противоположно направленными кривошипами (кривая 1), двум периодам у двухцилиндрового дизеля с параллельными кривошипами (кривая 2) и четырем периодам — у четырехцилиндрового дизеля (кривая 3).

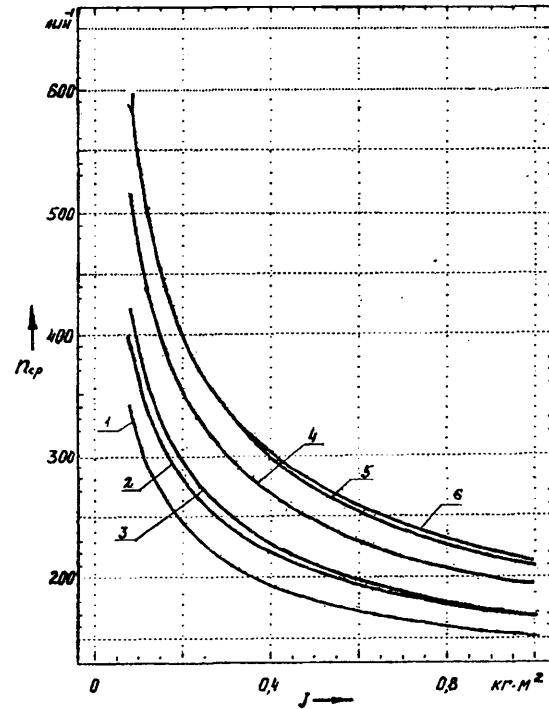


Рис. 3. Зависимости от величины J средней частоты вращения коленчатого вала различных малоразмерных четырехтактных двигателей:

1 — четырехцилиндровый бензиновый двигатель, холостой ход; 2 — четырехцилиндровый дизель, холостой ход; 3 — двухцилиндровый бензиновый двигатель с параллельными кривошипами, холостой ход; 4 — двухцилиндровый дизель с параллельными кривошипами, холостой ход; 5 — двухцилиндровый дизель с противоположно направленными кривошипами, холостой ход; 6 — двухцилиндровый дизель с параллельными кривошипами, приложена внешняя нагрузка

Кривые рис. 2 дают возможность оценить влияние длительности периода изменения крутящего момента двигателя на неравномерность вращения коленчатого вала на режиме пуска. Об этом можно судить по разности $n_{\max} - n_{\min}$, где n_{\max} — максимальная частота вращения вала на протяжении первого периода изменения M_r . Для кривой 2 эта разность равна 642 мин^{-1} . При увеличении периода вдвое (кривая 1) рассматриваемая величина возрастает до 730 мин^{-1} , т.е. на 14 %, а при двухкратном сокращении (кривая 3) — уменьшается до 571 мин^{-1} , т.е. на 11 %.

Рис. 2 свидетельствует о том, что наиболее критическим режимом для выбора момента инерции маховика следует признать холостой ход непосредственно после пуска двигателя. Если двигатель сможет благополучно проработать в течение нескольких оборотов коленчатого вала на холостом ходу, то вследствие быстрого разгона он окажется уже вне зоны скоростных режимов, при которых приложение внешней нагрузки может иметь опасные последствия.

Пределенный по устойчивой работе двигателя скоростной режим, на котором $n(\alpha)$ в окрестности ВМТ снижается до n_{\min} , в первом приближении можно задать средней за период изменения крутящего момента частотой вращения коленчатого вала $n_{\text{ср}}$ (осреднить следует не по углу поворота коленчатого вала, а по времени). Примеры зависимостей $n_{\text{ср}}$ от величины момента инерции вращающихся масс двигателя приведены на рис. 3.

Как из него видно, при одинаковой величине момента инерции маховика пуск двухцилиндрового двигателя должен производиться при значительно более высоком скоростном режиме, чем пуск четырехцилиндрового. Или, что обычно важнее при конструировании, для возможности успешного пуска на

определенной частоте вращения коленчатого вала (которую можно принять равной величине $n_{\text{ср}}$) у двухцилиндрового двигателя момент инерции маховика должен быть намного больше, чем у четырехцилиндрового.

Аналогичные выводы справедливы и при сопоставлении дизеля с бензиновым двигателем. Особенно заметно ухудшаются условия пуска при малых значениях момента инерции маховика и у двухцилиндрового дизеля с неравномерным чередованием вспышек в цилиндрах.

В качестве примера применения предлагаемой методики определим момент инерции вращающихся масс дизеля, построенного на базе четырехцилиндрового бензинового двигателя, параметры которого соответствуют использованным в расчетах, проведенных выше, а $J = 0,12 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Из кривой 1 на рис. 3 следует, что при указанной величине J и $n_{\min} = 100 \text{ мин}^{-1}$ средняя частота вращения коленчатого вала при пуске двигателя ($n_{\text{ср}}$) равна 290 мин^{-1} . Допустим, что для дизеля n_{\min} имеет то же значение. Тогда для того чтобы условия пуска не ухудшились, т.е. не выросла величина $n_{\text{ср}}$, суммарный момент инерции J , согласно кривой 2, должен быть не меньше $0,185 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$.

Если предположить, что те же величины n_{\min} и $n_{\text{ср}}$ справедливы (при сохранении других параметров конструкции) и для двухцилиндровых двигателей, то у бензинового двигателя с параллельными кривошипами момент инерции J должен быть не менее $0,2 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (кривая 3), у такого же дизеля — не менее $0,32 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (кривая 4), а у дизеля с противоположно направленными кривошипами — не менее $0,44 \text{ кг} \cdot \text{м}^2$ (кривая 5).

АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ

УДК 621.43.004.13

ДИАГНОСТИРОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЕЙ ПО НЕРАВНОМЕРНОСТИ ВРАЩЕНИЯ КОЛЕНЧАТОГО ВАЛА

Канд. техн. наук А.А. ОТСТАВНОВ
Саратовский государственный технический университет

На долю двигателя приходится, как известно, треть отказов и неисправностей и около 20 % трудоемкости технического обслуживания и текущего ремонта автомобиля. При этом большинство из них — результат изнашивания сопряжений и нарушения регулировок основных систем и узлов. Проявляются они через возрастание неравномерности работы цилиндров (до 25–30 %), снижение эффективной мощности (до 35 %), увеличение расхода топлива (до 25 %), а также ухудшение других

технико-экономических показателей работы.

Такова статическая картина. Но для потребителя, разумеется, важна не столько она, сколько темп ее изменения. Другими словами, он заинтересован, чтобы все отрицательные изменения в двигателе происходили возможно медленнее и проявлялись после возможной наибольшей наработки. Именно этого он требует от создателей и производителей автомобильной техники. Однако опыт свидетельствует: эксплуатационная ее на-

дежность, сохранение мощностных и экономических показателей, сокращение затрат на поддержание ДВС в работоспособном состоянии — показатели, во многом зависящие от самого потребителя. В частности, он должен заботиться о предупреждении отказов, оперативном обнаружении и устранении возникающих неисправностей, т.е. о регулярном и своевременном использовании возможностей технической диагностики ДВС.

С другой стороны, потребитель, естественно, должен знать эти возможности в своем регионе, автохозяйстве и т.п. И не только в чисто организационном плане (наличие СТО, их оборудование и т.д.), но и с точки зрения эффективности тех или иных методов диагностирования, особенно новых. Один из таких методов, раз-

работанный в Саратовском государственном техническом университете, рассматривается ниже.

Данный метод базируется на анализе показателей неравномерности вращения коленчатого вала двигателя на установившихся и неустановившихся режимах его холостого хода. В качестве таких показателей приняты средние значения частоты, ускорения вращения за цикл работы двигателя и в пределах периода изменения крутящего момента, а также коэффициент неравномерности хода двигателя. Это позволяет при работе двигателя на холостом ходу определять минимальную частоту вращения коленчатого вала, эффективную мощность, максимальный крутящий момент, мощность механических потерь, неравномерность работы цилиндров и оптимизировать рабочий процесс двигателя путем проведения соответствующих регулировочных работ по системам питания и зажигания.

Теоретическую основу метода составляет хорошо известное уравнение движения коленчатого вала, устанавливающее зависимость между крутящим моментом двигателя, моментом сопротивления вращению коленчатого вала и инерционным моментом, затрачиваемым на преодоление сопротивления инерции всех движущихся масс. Точнее, "физика", которую оно отражает.

Известно, что в процессе работы двигателя даже на установившемся режиме крутящий момент двигателя, а следовательно, и развиваемая двигателем мощность не остаются постоянными величинами, а представляют собой периодическую функцию угла поворота коленчатого вала. Это обусловливается особенностями протекания рабочего процесса и кинематическими свойствами кривошипно-шатунного механизма: коленчатый вал получает периодические импульсы крутящего момента от каждого из цилиндров двигателя в течение рабочего хода.

Непрерывное изменение крутящего момента по углу поворота коленчатого вала, т.е. отклонение мгновенного значения момента от средней его величины, вызывает периодическое изменение частоты вращения коленчатого вала, оцениваемое коэффициентом нерав-

номерности частоты вращения, который равен отношению разности между наибольшей и наименьшей частотами вращения вала к средней за один рабочий цикл двигателя при установленвшемся режиме его работы.

Очевидно, что данный коэффициент, т.е. колебания частоты вращения и ее величина в пределах угла поворота коленчатого вала, соответствующего рабочему ходу определенного цилиндра двигателя, зависит от изменения крутящего момента, развиваемого данным цилиндром. Значит, если цилиндры работают равномерно, импульсы крутящего момента, получаемые коленчатым валом от каждого цилиндра в течение рабочего хода, будут одинаковыми, и характер изменения крутящего момента и частоты вращения в пределах рабочих ходов всех цилиндров будет идентичным. Идентичным будет и изменение кинетической энергии движущихся масс при работе каждого цилиндра. Следовательно, неравномерность вращения коленчатого вала в данном случае должна быть минимальной.

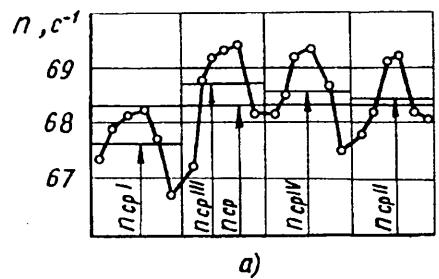
Однако на практике этого нет. Дело в том, что при изготовлении двигателя неизбежны технологические погрешности. Кроме того, подвижные элементы его конструкции изнашиваются в процессе эксплуатации по-разному. Поэтому импульсы крутящего момента цилиндров отличаются друг от друга. В результате крутящий момент и мощность, развивающиеся двигателем в течение рабочих ходов объемных цилиндров, также будут неодинаковыми. Отклонение же текущего значения крутящего момента от его средней величины либо увеличивает наибольшую, либо уменьшает наименьшую частоту вращения коленчатого вала, что приводит к возрастанию коэффициента неравномерности этой частоты. При этом ухудшаются мощностные и экономические показатели двигателя, увеличиваются износ и неравномерность изнашивания одинаковых деталей и сопряжений, возрастают ударные нагрузки, повышаются уровни вибрации, шума и токсичности отработавших газов. Однозначная же связь между неравномерностью работы ци-

линдров и коэффициентом неравномерности частоты вращения позволяет использовать этот коэффициент в качестве первого диагностического параметра, характеризующего неравномерность работы цилиндров двигателя и его общее техническое состояние.

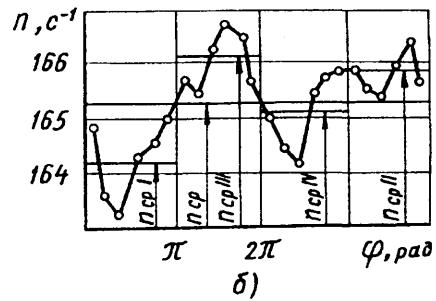
Для дифференцированной оценки работы отдельных цилиндров используется запас кинетической энергии движущихся масс, приведенных к оси коленчатого вала, при работе каждого из цилиндров на установленвшемся скоростном режиме. Эту работу можно оценить по средней частоте вращения коленчатого вала в пределах рабочего хода каждого отдельного цилиндра.

Таков второй оценочный (диагностический) параметр.

Для практики интересен не только установленшийся, но и в не меньшей степени — режим неустановившийся. Метод и в данном случае ориентируется на запас кинетической энергии, приведенный к оси коленчатого вала. Но для подсчета используется не средняя частота вращения коленчатого вала, а разность частот в начале и в конце разгона или выбега отдельных цилиндров за их рабочий ход в определенном диапазоне



a)



b)

Рис. 1. Зависимость частоты вращения n коленчатого вала от угла его поворота φ за цикл работы двигателя при $n_{cp} = 68,4 \text{ c}^{-1}$ (а) и $n_{cp} = 165,3 \text{ c}^{-1}$ (б): $n_{cpI}, n_{cpIII}, n_{cpIV}, n_{cpII}$ — средние значения частоты вращения при рабочих ходах соответственно в I, III, IV и II цилиндрах

изменения скоростного режима.

Третий параметр — эффективная мощность, развиваемая цилиндром двигателя. Определяется она в режиме разгона на холостом ходу от минимальной до максимальной частот вращения. При этом измеряется угловое ускорение коленчатого вала при достижении им номинальной частоты вращения в пределах рабочего хода каждого цилиндра двигателя за цикл его работы. Сама же мощность равна произведению приведенного момента инерции всех движущихся масс на номинальную частоту вращения коленчатого вала и на измеренное ускорение.

Сравнение эффективных мощностей цилиндров позволяет, очевидно, оценить неравномерность работы цилиндров двигателя под нагрузкой, т.с. исправность каждого из цилиндров.

Четвертый диагностический параметр — эффективная мощность двигателя в целом. Подсчитывают ее так же, как и эффективную мощность отдельных цилиндров. С той лишь разницей, что берется ускорение не для одного цилиндра, а среднее по цилиндрам.

Точность такого определения эффективной мощности двигателя оказывается на 1—2 % выше, чем при традиционных методах измерения.

Эффективность выбранных диагностических параметров и режимов диагностирования подтверждена на стенде с четырехцилиндровым двигателем 4Ч 7,6/7,5 (МЗМА-408). При этом исследовалось, как влияют на неравномерность вращения коленчатого вала двигателя его скоростной и нагрузочный режимы, техническое состояние газораспределительного механизма, систем зажигания и питания. Полученные результаты показывают (рис. 1), что частота вращения n коленчатого вала в пределах цикла работы двигателя на установившемся режиме изменяется по сложному закону и представляет собой последовательность чередующихся друг за другом участков разгона и выбега. С изменением скоростного режима работы двигателя характер изменения этой частоты по углу поворота φ коленчатого вала в пределах цикла работы двигателя не

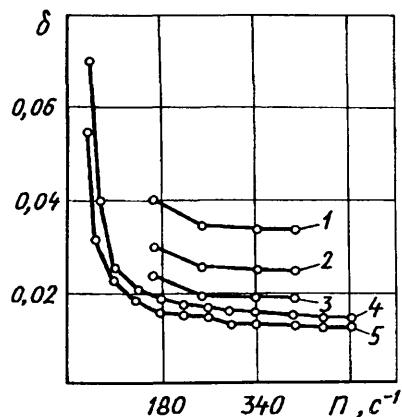


Рис. 2. Зависимость коэффициента неравномерности частоты вращения коленчатого вала δ от частоты вращения коленчатого вала n , нагрузки и регулировки угла опережения зажигания:

1 — 100 %-я нагрузка; 2 — 50 %-я нагрузка; 3 — 25 %-я нагрузка; 4 — холостой ход, заводская регулировка угла опережения зажигания; 5 — холостой ход, оптимальное значение угла опережения зажигания

остается постоянным. Это объясняется, как уже отмечалось, особенностями протекания рабочего процесса двигателя и перераспределением влияния на характер изменения частоты вращения коленчатого вала газовых и инерционных сил с изменением скоростного режима. При работе двигателя на малой частоте вращения, когда действие инерционных сил мало, проявление сил газовой составляющей при работе каждого из цилиндров на характере изменения в пределах их рабочих ходов отражается практически одинаково (см. рис. 1, а). Минимальное рассеивание коэффициента неравномерности δ на минимальной частоте вращения наблюдается в интервале $n = 55\text{--}60 \text{ c}^{-1}$. При увеличении частоты вращения коленчатого вала усиливается действие инерционных сил и, соответственно, изменяется форма ее зависимости от угла поворота коленчатого вала за цикл работы двигателя (см. рис. 1, б). При этом частоты вращения в пределах рабочих ходов отдельных цилиндров также изменяются. Так, при средней частоте вращения в пределах цикла работы двигателя $n_{cp} = 165,29 \text{ c}^{-1}$ ее значения в пределах рабочих ходов отдельных цилиндров в соответствии с порядком работы двигателя составляют 164,28; 166,05; 165,07 и 165,78 c^{-1} , или 100; 101,1; 100,5 и 100,9 %.

Экспериментальные исследования показали, что значение δ в зависимости от режима работы двигателя колеблется в пределах 0,013—0,13. При этом установлено, что как при работе двигателя на холостом ходу, так и под нагрузкой этот коэффициент с увеличением частоты вращения коленчатого вала уменьшается по гиперболической зависимости (рис. 2). Так, при работе на холостом ходу (45 c^{-1}) максимальная степень неравномерности составляет 0,09—0,11, а при 510 c^{-1} достигает своего минимального значения (0,0139). При этом абсолютное значение коэффициента неравномерности на одном и том же скоростном режиме тем выше, чем больше нагрузка. (Это и понятно: увеличивается доля избыточной работы крутящего момента за время рабочего хода каждого цилиндра.) Причем зависимость его величины в диапазоне $120\text{--}450 \text{ c}^{-1}$ также гиперболическая, а интенсивность изменения коэффициента практически такая же, как и на режиме холостого хода. Однаков и характер изменения частоты вращения коленчатого вала за цикл работы двигателя под нагрузкой и на холостом ходу при одинаковом скоростном режиме. Что же касается соотношений средних значений частоты вращения коленчатого вала в пределах рабочих ходов отдельных цилиндров, то в зависимости от n они изменяются — вследствие неравномерности распределения рабочей смеси по отдельным цилиндрам.

Зависимость коэффициента неравномерности частоты вращения коленчатого вала от угла θ опережения зажигания на различных режимах холостого хода и под

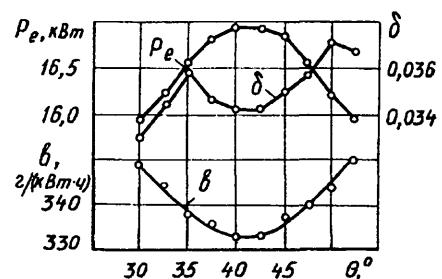


Рис. 3. Зависимость эффективной мощности P_e , удельного расхода топлива b и коэффициента неравномерности частоты вращения коленчатого вала δ от угла опережения зажигания θ при $n_{np} = 240 \text{ c}^{-1}$

нагрузкой при работе двигателя без детонации (раннее зажигание) и небольшом позднем зажигании представляет собой параболическую кривую (рис. 3). Значение θ , соответствующее наименьшему коэффициенту неравномерности, является оптимальным его значением для каждого скоростного режима и с увеличением частоты вращения коленчатого вала как на холостом ходу, так и под нагрузкой изменяется практически линейно (рис. 4). Одинаковый угол наклона приведенных зависимостей в зоне средних частот вращения коленчатого вала позволяет устанавливать оптимальную величину θ по минимальному коэффициенту δ индивидуально для каждого двигателя при его работе на холостом ходу. Обеспечение оптимального значения θ во всем диапазоне частот вращения коленчатого вала уменьшает их неравномерность, по сравнению с заводскими регулировками, в среднем на 10 % (см. рис. 2).

Исследование неравномерности вращения коленчатого вала двигателя при изменении зазора между электродами свечей показало, что изменение зазора на $\pm 0,3$ мм от рекомендуемого заводом-изготовителем ($0,7$ мм) в области средних и высоких скоростных режимов ($200-500 \text{ c}^{-1}$) оказывается незначительно. В диапазоне частот $60-120 \text{ c}^{-1}$ увеличение зазора до $0,8-1,2$ мм несколько повышает среднюю частоту вращения коленчатого вала. При увеличении зазора до $1,2$ мм или его уменьшении до $0,4$ мм появляются пропуски зажигания, и коэффициент неравномерности частоты вращения коленчатого вала возрастает примерно в 2 раза.

Техническое состояние механизма газораспределения изменяется регулированием зазоров между клапанами и коромыслами в пределах $0,10-0,45$ мм для впускного и $0,15-0,50$ мм для выпускного клапанов через $0,1$ мм.

Отклонение зазоров в клапанах от рекомендуемых на форму зависимости частоты вращения коленчатого вала по углу его поворота в пределах цикла работы двигателя влияет. Причем интересно, что зазор, изменившийся в механизме одного из цилиндров, оказывается на работе не только этого цилиндра, но и остальных. Это объясняется тем, что изменение зазора в

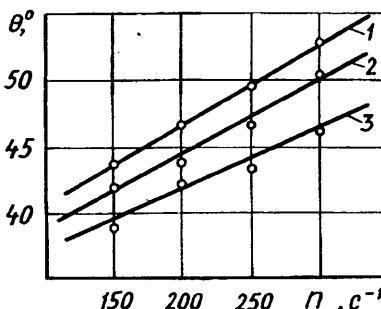


Рис. 4. Зависимость оптимальных углов опережения зажигания θ от частоты вращения n коленчатого вала:

1 — на холостом ходу; 2 — при частичной (25 %-й) нагрузке; 3 — при полной нагрузке

клапанах, а следовательно, и "времени-сечения" в одном цилиндре отражается на скорости потока смеси во всем впускном тракте. Поэтому конкретизировать наличие неисправностей газораспределительного механизма по неравномерности частоты вращения коленчатого вала затруднительно.

Изменение технического состояния системы питания также влияет на минимальную устойчивую частоту вращения коленчатого вала и степень ее неравномерности: при оптимальной регулировке карбюратора коэффициент неравномерности вращения коленчатого вала минимален ($0,061$). При такой регулировке карбюратора почти минимальны также расход топлива и токсичность отработавших газов. Однако заметим: добиваться действительно минимального расхода топлива регулированием системы холостого хода карбюратора не следует, так как при этом ухудшаются приемистость двигателя и его технико-экономические показатели на других режимах, особенно на режимах нагрузок.

Анализ регулировочных характеристик (см. рис. 3) двигателя, снятых на режимах холостого хода и под нагрузкой, показывает, что минимальному коэффициенту неравномерности вращения коленчатого вала соответствуют, кроме того, максимальная эффективная мощность и минимальный удельный расход топлива, причем закон изменения последнего аналогичен закону изменения коэффициента δ по углу опережения зажигания.

Рассмотренный метод диагностирования двигателей проявился и в условиях рядовой эксплуатации автомобилей. Здесь

он тоже показал свою эффективность.

В заключение — о технологии диагностирования карбюраторных двигателей.

Двигатель пускают и прогревают. Затем определяют минимальную частоту вращения коленчатого вала и коэффициент ее неравномерности на режиме холостого хода. Если полученные величины совпадают с нормативными, то это свидетельствует о нормальных регулировках системы холостого хода карбюратора и установочного угла опережения зажигания и позволяет перейти к определению эффективной мощности двигателя в режиме разгона. Если же минимальная частота вращения коленчатого вала выше нормы, значит, нарушена регулировка системы холостого хода карбюратора; если велика неравномерность этой частоты — нарушена регулировка системы холостого хода карбюратора, угла опережения зажигания или повышенены механические потери в двигателе. И начинать здесь нужно с определения именно мощности механических потерь. Если окажется, что она повышенна, двигатель подвергают углубленному диагностированию. Если она в допустимых пределах, то изменением угла опережения зажигания и регулированием системы холостого хода добиваются оптимальных значений частоты вращения коленчатого вала и коэффициента δ .

При отрицательном результате измерения эффективной мощности двигатель также подвергается углубленному диагностированию. Основанием для назначения текущего (капитального) ремонта служит невозможность восстановления мощностных параметров путем регулировок (системы питания, угла опережения зажигания и др.).

Диагностирование двигателей по показателям изменения частоты вращения коленчатого вала позволяет оперативно определять техническое состояние как двигателя в целом, так и его отдельных цилиндров, оптимизировать рабочий процесс и за счет этого повысить мощность, уменьшить расход топлива, снизить содержание оксида углерода в отработавших газах, улучшить вибрационные и другие показатели автомобиля.

"ОЧКИ" ДЛЯ КАРБЮРАТОРА

О многочисленных трудностях пуска двигателя при отрицательных температурах сказано немало. Широко известны и общедоступные способы, облегчающие пуск холодного ДВС: прогрев водяным паром или горячими газами масляного картера, кипяток в систему охлаждения, разжижение масла бензином и т.п. Однако все они трудосмки и в принципе проблемы не решают. Вывод видится в другом — в подогреве только системы питания. Дело в том, что современные моторные масла на морозе не густеют, поэтому без прогрева всего двигателя вполне можно обойтись.

Идея, думается, сомнений не вызывает. Да она и не новая. Вопрос в другом: как заставить холодное топливо хорошо испаряться, образовывать гомогенную смесь, не нагревая детали впускного тракта и карбюратор? Установить электрическую спираль или другую конструкцию электронагревателя внутри карбюратора, как это предлагают некоторые автомобилисты? Но любая лишняя деталь в отработанной конструкции карбюратора нарушает его аэро- и гидродинамику, что, в конечном итоге, снижает показатели ДВС. Кроме того, электронагреватели в системах питания транспортных средств просто опасны: малейший перегрев спирали или ее искрение могут привести к пожару. Известны вибрационные и ультразвуковые испарители топлива, но они слишком громоздки и дороги.

Интересное решение проблемы дает световой луч: он энергоемок, его можно сконцентрировать в любой нужной точке. Его и решили применить. Для этого в корпусе карбюратора установили две фокусирующие линзы так, чтобы фокус одной из них совпадал с выходом распылителя топлива системы холостого хода, а второй — распылителя главной дозирующей системы. В качестве источников энергии были взяты малогабаритные галогенные лампы, применяемые в серийной фото- и киноаппаратуре.

Эффект превзошел все ожидания: даже при морозе ниже -20°C (253 К) двигатель автомобиля АЗЛК-412 стал уверенно пускаться после одной-двух попыток включения стартера.

Полученный эффект легко объясним и даже очевиден. Встроенные в стекло корпуса короткофокусные линзы не выступают в проточную часть карбюратора и, следовательно, не нарушают аэrodинамику

последнего. Поэтому все заводские параметры карбюратора не меняются. А вот топливо под воздействием теплоты луча получило возможность быстро испаряться, образуя газообразную гомогенную топливовоздушную смесь, которая легко воспламеняется от энергии искры.

В последующих опытах было установлено, что можно использовать не часть, а всю лучистую энергию лампы. Для этого вокруг нее устанавливаются отражатели со световодами, которые направляют дополнительные лучи на выходные отверстия эмульсионных каналов карбюратора. В итоге пусковые качества карбюратора еще больше улучшаются. Конструкция приобретает завершенный вид, что и подтверждено а.с. № 1318714.

Новая конструкция получила название КОНТУР-1 — карбюратор с оптическим нагреванием топлива и универсальным распылением. Доработанный его стендовый вариант, КОНТУР-2, отнесен бронзовой медалью ВДНХ СССР. Но работа над КОНТУРом продолжается. Он, по замыслу, должен улучшать не только пусковые качества карбюратора, но и его работу при прогреве ДВС и даже на некоторых других режимах (например, при перебеднении смеси).

В принципе же КОНТУР может обеспечить оптимальную температуру смеси на всех режимах. Для этого применен терморезистор, который через блок управления напряжением подключен к электролампе лучевого нагрева. И чем больше собственная температура карбюратора (а следовательно, и топливовоздушной смеси) приближается к оптимальным, тем меньше напряжение подается на лампу, а при полностью прогретом карбюраторе лампа отключается. Но стоит только измениться нагрузочному и тепловому режимам работы двигателя, температуре и влажности воздуха окружающей среды и другим факторам, влияющим на оптимальную температуру карбюратора и смеси, как терморезистор подает сигнал для дополнительного подогрева последней (а.с. № 1318714, СССР).

Такое усовершенствование КОНТУРа-1 позволило обеспечить реальную экономию топлива не только при пуске и прогреве холодного двигателя, но и при его эксплуатации, особенно в зимнее время. Например, опытный пробег автомобиля АЗЛК-412 в зимнее время показал, что поддержание оптимальной температуры и состава топливовоздушной смеси доводит такую экономию до 25—30 %.

Н.Л. ЕГИН

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ

ХОЛОДНАЯ МОЛЕКУЛЯРНАЯ СВАРКА

Д-р техн. наук Г.М. ВОЛКОВ
МАМИ

Восстановление геометрических размеров изношенных и соединение обломков разрушенных деталей машин и оборудования преобладают в производственной деятельности заводских служб главного механика, а также в централизованном и индивидуальном авторемонте. Здесь, несмотря на достигнутые

в последнее время большие успехи в области конструкционных свойств неметаллических материалов, основным материалом остается металл: металл традиционно ремонтируют металлом. При этом прочность соединения в конечном счете определяется взаимодействием их атомов. Чтобы она была высокой, необходимо термическое воздействие на ремонтируемые изделия. И, естественно, соответствующее технологическое оборудование. Крупные предприятия автосервиса и автозаводы могут себе позволить его иметь, мелкий же автобизнесмен и индивидуальный

владелец автотранспортного средства — нет. Хотя нужда в ремонте особенно велика именно для последнего: безусловный интерес должны представлять нетрадиционные способы ремонта, в частности, холодная молекулярная сварка с использованием композиционных материалов.

Ремонтные композиционные материалы (реком) состоят из полимерной матрицы и дискретного наполнителя. Связь между поверхностями приведенных в контакт разнородных тел (в данном случае "реком-металл") есть адгезия, т.е. взаимодействие полимерной матрицы композиционного материала с металлом ремонтируемой поверхности на уровне не атомов, а молекул. В формировании адгезионного контакта молекул полимера с металлом участвуют различные силы — от наиболее слабых ван-дер-ваальсовых до сил химической природы с энергией связи от единиц до сотен ккал/моль. Причем основной вклад в адгезионную прочность контакта вносит донорно-акцепторное взаимодействие, при котором переход электрона с заполненной молекулярной орбитали донора на незанятую орбиталь акцептора обеспечивает максимальное перекрытие орбит. В итоге энергия донорно-акцепторной связи достигает 50 ккал/моль, что сопоставимо с энергией химической связи.

Разнообразие участующих в молекулярном взаимодействии сил предопределяет заранее более широкий спектр теоретических возможностей управления адгезионной прочностью контакта "реком-металл", чем в случае контакта "металл—металл". Так, это можно делать за счет целенаправленного модифицирования полимерной матрицы, вводя в ее структуру группы атомов, обладающих нужными химическими свойствами. Поддается технологическому регулированию и надмолекулярная структура полимера. В частности, способность полимерной матрицы смачивать металл (для этого в рецептуру вводятся поверхностно-активные вещества). Для уменьшения хрупкости полимера в него добавляют пластификаторы, а для улучшения технологических свойств рекома — тиксотропные добавки. Соотношением упругих и пластичных свойств рекома и уровнем внутренних напряжений управляют, изменяя природу, дисперсность и содержание наполнителя.

В процессе затвердевания смеси компонентов рекома входящие в его состав молекулы соединяются в макромолекулярные цепи, которые переплетаются с дисперсными частицами дискретного наполнителя, образуя сложную трехмерную структуру. Причем происходит это без термического и механического воздействия на ремонтируемую поверхность, поскольку, повторяем, процессы идут на молекулярном уровне. Поэтому и называют данную технологию технологией холодной молекулярной сварки.

Реком изготавливают непосредственно на месте ремонта, смешивая подготовленные в заводских условиях компоненты. Наносят его на ремонтируемую поверхность шпателем, кистью или с помощью краскопульта. Затвердевший композит обладает свойствами металла, может обрабатываться металорежущим инструментом.

Технология холодной молекулярной сварки, как видим, предельно проста. Причем применима для

восстановления большинства деталей автомобилей, в том числе деталей кузовных и корпусных.

Так, основные дефекты кузова — это разрывы, вмятины, а также сквозная коррозия металла. Обычно их устраняют сваркой, что и дорого, и требует довольно высокой квалификации исполнителя. Да и долговечность сварных швов невелика — они быстро "разъедаются" коррозией. У рассматриваемой технологии таких недостатков нет.

Устранение аварийных трещин, вырывов и других дефектов блока цилиндров и картеров различных агрегатов автомобиля, изготавляемых преимущественно из чугуна или силумина, традиционными термическими способами еще более сложно и менее технологично, чем ремонт кузова. Однако новая технология решает эту проблему.

Повреждение резьбы болтов и шпилек, а также резьб в их "ответных" элементах (гайках, отверстиях), пожалуй, наиболее массовый дефект, возникающий при выполнении монтажно-демонтажных работ. Традиционная технология восстановления резьбовых соединений — это изготовление новых болтов и шпилек, рассверливание отверстий с поврежденной резьбой и нарезание новой рабочей резьбы большего диаметра или технологической резьбы с ввертыванием в нее специально изготовленных спиральных резьбовых вставок нужного размера. Технология восстановления сорванной резьбы с помощью рекома такова: в резьбовое отверстие с нарушенной резьбой ввинчивается новый болт, обмазанный композитом поверх разделительной жидкости. И все.

Аналогичным образом восстанавливают шпоночные соединения, риски и задиры на поверхностях трения, изношенные посадочные места на валах и в корпусах агрегатов, герметичность радиаторов и топливных баков.

Так что с технологической точки зрения холодная молекулярная сварка — вещь незаменимая. Выгодна она и в эксплуатационном плане: восстановленные по ней детали работают не меньше новых. И то и другое, как показывает опыт, вполне компенсируют достаточно высокую стоимость рекома: зарубежные фирмы предлагают его по цене от 200 до 700 ДМ за 1 кг. Для рядового автолюбителя это дорого. Поэтому зарубежные материалы используют преимущественно те предприятия и отрасли промышленности, где стоимость вышедшего из строя основного оборудования или убытки от его аварийного состояния несопоставимо выше затрат на приобретение рекома. Но в последнее время появились и материалы отечественные. В частности, разработанные специалистами МАМИ (реком-Б). Этот материал имеет предел прочности на сжатие не менее 100 МПа (1000 кгс/см²), что соответствует данному показателю у зарубежных аналогов. Его можно наносить слоем до 10 мм и более, в том числе на вертикальные поверхности и потолок, его покрытие на металле выдерживает циклические нагрев до 423 К (150 °C) и охлаждение в жидком азоте. Степень его адгезии к ремонтируемой поверхности выше, чем у зарубежных аналогов: сопротивление на сдвиг по стыку со сталью у него около 40 МПа (400 кгс/см²), а у тех — лишь 20 (200). Цена существенно ниже рублевого эквивалента цены зарубежных аналогов.

Назначение композита	Тип	Характеристика	Ориентировочная цена 1 кг, ₽
Аварийный ремонт машин и оборудования	Реком-21	Прочно соединяется с замасленными поверхностями, что позволяет ликвидировать утечку нефтепродуктов из различного рода емкостей и трубопроводов, а также трансформаторов, радиаторов и др. без прекращения производственного процесса. Время отверждения — 15 мин	690
	Реком-32	Может соединять влажные поверхности при температурах до 253 К (-20 °C). Время отверждения — 10 мин	660
	Реком-24	Представляет собой бандаж с нанесенным на него композитом. После смачивания водой его туго наматывают на поврежденное место. Время отверждения — 30 мин. Не токсичен, не горюч, бензо- и маслустойчив, работоспособен при температурах от 153 до 870 К (от -150 до +600 °C)	68 (5 см × 1,5 м) 108 (7,5 см × 3,0 м) 148 (10 см × 4,5 м)
Комплектация аварийной аптечки	Реком-1	Ремонтный карандаш серого цвета в расфасовке по 0,125 кг. Компоненты размещены в одной упаковке. Требуемое количество отрезают ножом и разминают до однородности, после чего наносят на ремонтируемую поверхность. Время отверждения — 7 мин. После отверждения обладает свойствами металла. Универсален	340
	Реком-01	Ремонтный карандаш зеленого цвета. Расфасовка и способ применения аналогичны. Имеет прочное соединение с влажными поверхностями. Предназначен для подводного ремонта	
	Реком-3	В расфасовке по 0,075 кг. Время отверждения — 10 мин. После отверждения обладает свойствами резины	
	Реком-5	В аэрозольной упаковке объемом 0,5 л. Предназначен для демонтажа ржавых резьбовых соединений	
	Клей	Универсальный, в расфасовке по 0,02 кг. В течение 1 мин склеивает практически любые материалы	
	Реком-2	Универсального назначения. После затвердевания обладает свойствами металла, обрабатывается обычным металлорежущим инструментом. Рекомендуется для восстановления посадочных размеров, резьбовых и шпоночных соединений, ремонта блока цилиндров ДВС, царапин и задиров трущихся поверхностей, устранения дефектов литья, трещин корпусов машин и др. Выпускаются модификации с разными сроками пригодности к употреблению и отверждения смеси	240
Восстановление геометрии рабочих поверхностей	Реком-3	Ремонт и восстановление деталей из полимеров и резины. Выпускаются модификации составов: пастообразные — для восстановления изношенных и жидкые — для отливки новых деталей	500
	Реком-31	Обладает низким коэффициентом трения. Рекомендуется для восстановления рабочих поверхностей подшипников скольжения	320
	Реком-34	Герметизация сварных швов, литых деталей, гидроцилиндров и другой машиностроительной продукции с тонкими волосяными трещинами	60
	Реком-33	Ремонт высокотемпературных узлов оборудования с рабочей температурой до 770 К (500 °C)	360
	Реком-4	Герметизация горячих разъемов. Выдерживает нагрев до 720 К (450 °C) и перепад давлений до 3 МПа (30 кгс/см ²)	130
	Реком-6	Восстановление изношенных деталей, работающих в условиях абразивного воздействия жидких сред (насосы, теплообменники, задвижки, клапаны и др.). Ресурс восстановленных деталей превышает ресурс новых	230
Защита рабочей поверхности технологического оборудования от воздействия рабочей среды	Реком-9	Обеспечивает идеальное, на микроуровне, выравнивание рабочей поверхности детали, контактирующей с жидкостью средой, что резко снижает ее гидравлическое сопротивление	460
	Реком-10	Антиабразивное покрытие. Защищает детали от жидкостной коррозии и эрозии в условиях абразивного воздействия	300
	Реком-11	Антикоррозионное покрытие. Противостоит кислотам, щелочам и другим промышленным химически активным средам	160
Изготовление технологической оснастки	Реком-51	Прессовый и штамповочный инструмент, изготовленный из него, пригоден для листовой штамповки до 50 тыс. крупногабаритных деталей (крупногабаритный штамп набирается из отдельных блоков)	150 (525×400×20 мм) 800 (595×400×105 мм)
	Реком-52	Пригоден для изготовления литейных форм (точное литье пластмасс при температурах до 453 К, или 180 °C)	30

Назначение композита	Тип	Характеристика	Ориентировочная цена 1 кг, дм
Защита промышленных зданий и сооружений от термо-механического и химического воздействия внешней среды	Реком-53	Пригоден для изготовления эталонных макетов, моделей, шаблонов и других изделий, требующих высокой стабильности размеров	15
	Реком-54	Пригоден для снятия отпечатков с точным воспроизведением сложного рельефа поверхности детали (в том числе для копирования художественных изделий по мастер-модели); выпускаются модификации с регулируемыми временем и вязкостью смеси, а также одноупаковочные составы	55
	Реком-12	Предназначен для замены экологически опасной асбестовой теплоизоляции трубопроводов, баков, цистерн, вентиля, бойлеров и др.	40
	Реком-13	Бесшовный кафель. Защищает стены промышленных сооружений от химического и механического воздействия	100
	Реком-14	Водо-, пыле и грязеотталкивающие прозрачные покрытия. Защищает здания и сооружения от атмосферного воздействия в течение 10 лет	40

Опыт применения отечественного материала показал: реком-Б — важнейшее средство ремонта автомобильной техники. И не только. Он, например, незаменим при ремонте крупногабаритных чугунных деталей; успешно используется для исправления дефектов литья (раковины, пористость и др.) корпусных отливок массой 6,2 т из серого чугуна (ПО "Ленинградский металлический завод") и массой 15 т (ПО "Коломенский завод тяжелого станкостроения"), которые традиционными методами (заварка железоникелевыми электродами, газопорошковая наплавка и др.) исправить не удавалось. Есть уже и опыт восстановления вала диаметром 180 мм (износ на сторону — 16 мм), работающего под нагрузкой до 60 кН (6 тс). Рекомами заделывают коррозионные изъязвления плоских поверхностей разъемов газовых (ПО "Кондопогабумпром") и паровых (ПО "Ставропольполимер") турбин, эрозионные повреждения корпусов и роторов гидронасосов (Западно-Сибирский металлургический комбинат), а также запорной и регулирующей арматуры (Томский нефтехимический комбинат), выполняют ремонт трубной решетки теплообменников (Череповецкое ПО "Аммофос") и деталей станков (ПО "Москвич"), в том числе крупногабаритных (ПО "Челябинский тракторный завод").

Номенклатура рекома достаточно обширна. Наряду с универсальным рекомом-Б есть материалы и для специальных видов ремонтно-восстановительных работ. В их многообразии рядовому потребителю разобраться непросто. Нередко разные производители под своими фирменными названиями выпускают однотипную продукцию, цена которой может существенно (в несколько раз) отличаться. Поэтому специалисты МАМИ составили таблицу, которая восполняет этот пробел.

Данные, помещенные в ней, в особых комментариях не нуждаются. Однако несколько слов, думается, не помешают. В частности, о составах для восстановления деталей с экстремальными условиями эксплуатации.

Это прежде всего детали ДВС: они подвергаются воздействию высоких (до 620 К, или 350 °C) температур. Незаменимое средство для их ремонта — реком-33. В то же время для устранения местных по-

враждений и восстановления герметизирующей способности прокладки головок блока цилиндров двигателя достаточно возможностей рекома-4.

Однако автотранспортные средства эксплуатируются и при отрицательных температурах. Между тем большинство высокомолекулярных соединений полимеризуется только при положительной температуре. Но реком-32 — исключение: его можно применять и в зимних условиях.

Для ремонта изношенных рабочих поверхностей используют реком-6, который, в отличие от рекома-2, после затвердевания обладает повышенной твердостью, что исключает его механическую обработку традиционным металлорежущим инструментом (обработать его можно только инструментом алмазным или борazonовым). Поэтому геометрию рабочей поверхности восстанавливаемой детали формируют в период пластичного состояния композита, используя ответную деталь, смазанную разделительным составом, в качестве шаблона. Формируется гладкая блестящая поверхность, которая идеально воспроизводит рельеф шаблона. Однако для крупногабаритных деталей, особенно со сложной геометрией рабочих поверхностей, трудоемкость изготовления шаблона сопоставима со стоимостью ремонта. Поэтому в данном случае рекомендуется такая последовательность работ. Макронеровности рельефа устраниют рекомом-6, который имеет пастообразную консистенцию и наносится на поверхность шпателем. Микронеровности отремонтированной поверхности с помощью кисти выравнивают покрытием рекома-10 в два слоя. Завершают восстановление детали рекомом-9, который наносят с помощью краскопульта (также в два слоя). Покрытие заполняет субмикронеровности рельефа и на молекулярном уровне выглаживает рабочую поверхность. Это снижает гидравлическое сопротивление потока жидкости, что приводит к уменьшению потребляемой мощности гидрооборудования до 10 %. Для технологического обеспечения визуального контроля двухслойности покрытия композиты реком-9 и реком-10 каждый выпускают отличающимися по цвету.

Рекомы, предназначенные для использования в качестве защитных покрытий, также изготавливают

путем смешивания двух составов. Однако их смесь имеет достаточно жидкую консистенцию, что позволяет наносить их на рабочую поверхность детали кистью или с помощью краскопульта. Это наиболее экономичный способ поддержания работоспособности оборудования, поскольку любая деталь изнашивается с поверхности. Расходы потребителя сводятся лишь к периодическому обновлению защитного покрытия. Причем покрытия, нанесенные на рабочую поверхность нового оборудования, повышают его ресурс в 2–4 раза. И ресурс отремонтированной детали превышает ресурс новых деталей.

Далее. Приведенный в таблице антикоррозионный рекомендует в себя достаточно обширную

номенклатуру, каждый из элементов которой рассчитан на конкретную специфику химического потенциала рабочих сред промышленного оборудования.

В заключение отметим, что для рационального выбора и правильного применения рекомендаций необходимо учитывать особенности поведения под механической нагрузкой. Их целесообразно использовать в условиях сжимающих и контактных нагрузок, менее желательны растягивающие усилия, следует избегать ударных нагрузок. Но все существующие разновидности нельзя использовать в качестве несущего элемента силовых конструкций.

УДК 621.979.073

ШТАМПОВОЧНЫЙ ЦЕНТР НПМ-1

А.И. НИКИФОРОВ, В.Ф. МАКАРОВ
АО "Автосвет"

При производстве малогабаритных изделий в автомобильной промышленности широко применяются детали сложного геометрического контура с такими элементами в деталях из ленты, как надсечки, резьбовые отверстия, фаски, замковые соединения, а в деталях из проволоки (пружины кручения) — зацепы различной формы. Обычно их штампуют в штампах последовательного действия. При этом в большинстве случаев автоматизируется лишь первая из операций — вырубка заготовки. Последующие же технологические переходы автоматизировать трудно: номенклатура деталей огромна, а выпуск каждой из них сравнительно невелик. Поэтому создавать автоматы (скажем, те же роторные линии), как правило, экономически нецелесообразно. Но выход искать нужно: при операционной штамповке слишком велики и трудозатраты, и отходы металла. Он, как показывает анализ, есть. Их даже три.

Это, во-первых, разработка комплексных технологий, позволяющих изготавливать детали повышенной сложности малоотходными способами; совмещать штамповку и механическую обработку (зенкование, нарезание резьбы, неглубокое фрезерование), а также штамповку и сварку двух-трех одновременно штампемых деталей или штамповку и сборку из одновременно штампемых либо подаваемых из вибробункеров и разного рода накопителей деталей; изготавливать детали и укладывать их в штампую на этом же автомате несущую ленту для последующих операций локального покрытия, сборки, армирования неметаллических изделий и т.п.; навивать пружины различного назначения.

Во-вторых, создание такой технологической базы (оборудования), при которой технологические процессы ориентированы на конструкции изделий, а не исходят только из возможности станка, линии и т.п. Благодаря такой базе задача автоматизации изготовления деталей малых серий становится вполне разрешимой.

В-третьих, обеспечение гибкости оборудования, т.е. быстрого его перехода с одной технологии на другую.

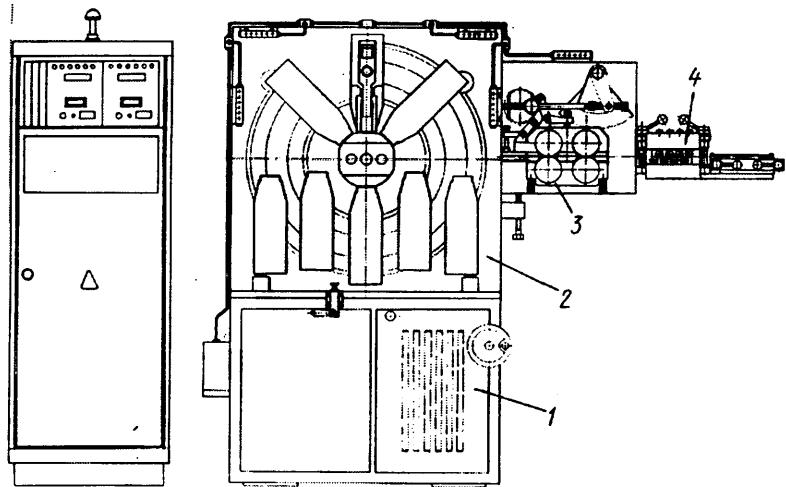
Перечисленные выходы в реальных конструкциях оборудования могут сочетаться, разумеется. Как это сделано, например, в универсально-гибочных автоматах, которые начали выпускать НИИМ (г. Смоленск) и АО КПО (г. Серпухов). Еще полнее задача решена в новых штамповочных центрах (НПМ-1) совместной разработки НИИМа, ТОО "Монтек" и АО "Автосвет" (г. Киржач). Эти центры предназначены для листовой штамповки изделий повышенной сложности, а также пружин сжатия, кручения и растяжения. Выполнены они на базе упомянутых универсально-гибочных автоматов.

Техническая характеристика штамповочного центра

Усилие, кН (тс):

штамповки на пресс-блоке	63(6,3)—100(10)
на гибочных станциях	20(2)
Число ходов, мин ⁻¹	40—300
Регулировка числа ходов	Электродвигателем
Привод	Тиристорный ЭПУ-1-3427 Е с электродвигателем 2ПН-112 УХЛ4; 3,4 кВт; 220 В; 2240 мин ⁻¹
Ширина обрабатываемой ленты, мм	30
Наибольший диаметр обрабатываемой проволоки, мм	2
Наибольший шаг подачи, мм:	
клещевой	100
валковой	300
Точность шага подачи, мм:	
клещевой	+0,02
валковой	+0,1
Управление гибочным инструментом	Двухкулачковое с принудительным возвратом
Габаритные размеры, мм	2000×1000×1725
Масса, кг	1800

Конструктивно их механическая часть (см. рисунок) состоит из блоков, что позволяет, во-первых, собирать центры одновременно, так сказать, с разных концов и подгонять их к конкретной технологии. Но в любом случае конструкция включает приводной 1, гибочный 2, подающий 3 (роликовая или клещевая



подача), штамповочный (на рисунке не показан), правильный 4 и разматывающий блоки.

Приводной блок выполнен в виде призматической тумбы, внутри которой установлены кинематически связанные электродвигатель постоянного тока и пневматическая муфта-тормоз, которые могут кинематически замыкаться на гибочный блок. В нише трубы размещены, кроме того, блок подготовки сжатого воздуха, а снаружи тумбы — маслобак с насосом.

Гибочный блок состоит из двух рабочих столов, на которых в разных комбинациях (в зависимости от принятой технологии изготовления детали) ставится необходимое число гибочных станций (головок), штамповочных блоков (пресс-блоков) и других устройств. Например, на одном из столов устанавливается навивочное устройство, которое вращает центральную ось, расположенную в центре гибочного блока. Шаг навивки пружин задается от кулачка. Для этого по обе стороны от центральной оси предусмотрены толкатели, на торцах которых крепятся гибочные пuhanсоны (для выполнения гибочных операций в другой плоскости). Вместо центральной оси можно устанавливать третий толкатель.

Конструктивная особенность гибочного блока такова, что гибочные головки можно закреплять радиально (в кольцевом пазу) относительно центральной оси и линейно относительно оси горизонтальной. Для этого на рабочих столах имеется четыре базовых отверстия, размещенных к боковым их торцам. Кроме того, эти отверстия позволяют смещать от центра стола штамповочные блоки, тем самым освобождая место для встраивания других устройств, необходимых для выполнения технологических переходов.

Подающий блок имеет два исполнения — в виде клещевого (для ленты) и роликового (для проволоки) механизмов. Клещевая подача позволяет получать высокоточное (+0,005 мм) шаговое позиционирование штампируемого материала, что повышает коэффициент использования металла, а роликовая — большое (до 300 мм) шаговое перемещение штампируемого материала. Как та, так и другая подача могут пристыковываться к боковым торцам гибочного блока попарно с каждой стороны и приводиться от расположенного

между рабочими столами центрального зубчатого колеса, кинематически связанного с электродвигателем приводного блока.

Штамповочный блок представляет собой пресс, в котором устанавливается штамп для выполнения разделительных и других штамповочных операций. Ползун пресса тоже приводится в движение от центрального зубчатого колеса.

Правильный блок, как и блок подающий, выполнен в двух исполнениях — для правки ленты и проволоки; пристыковывается к корпусу подающего блока.

При создании центров учитывалось и еще одно обстоятельство, характерное для заводов, приобретающих универсально-гибочные автоматы. Дело в том, что такие автоматы чаще всего используются для производства малых серий (100—300 тыс. шт. в год) деталей одной номенклатуры. Другими словами, используются с огромной недогрузкой. Причины тому разные: отсутствие квалифицированных наладчиков; плохая организация рабочего места (например, на нем не предусмотрены инструментальные накопители наладок и кассеты с материалом); разные подходы в конструировании инструментальных наладок и т.д. В условиях рассматриваемого центра причины эти устраняются: инструмент легко (и нужно) распределять по отдельным блокам (штамповки, гибки, навивки, механической обработки, сварки и сборки); он (инструмент) представляет собой единое целое, что исключает необходимость устанавливать отдельные детали одну за другой (например, единый пакет штампа и гибочный блок), и не имеет незакрепленных деталей, что избавляет от необходимости подгонки и установки во время его монтажа (например, гибочный блок, гибочные и разделительные пuhanсоны, которые можно вынуть из направляющих, закреплены винтами или иным способом); в гибочном блоке каждый гибочный пuhanсон, каждая оправка имеют направляющие, т.е. точное положение пuhanсонов устанавливается не только кареткой гибочной головки, но и направляющими, благодаря чему, во-первых, повторяется точность положения гибочного блока после каждой установки (монтажа), во-вторых, точность изготовления детали не зависит от состояния каретки гибочной головки.

Таким образом, штамповочный центр НПМ-1 — это оборудование, действительно позволяющее изготавливать из ленты и проволоки детали повышенной сложности, совмещающая штамповку с другими технологическими операциями, быстро переходить с деталей одного типа на детали другого типа. Достаточно сказать, что при деталях несложного геометрического контура с размерами, не превышающими 10—14 квалитетов точности, но разных размерных рядов, переналадка центра занимает не более 0,3 ч. Выгодны штамповочные центры и потому, что при их внедрении сокращается общее количество оборудования, а значит, и потребные для него площади.

СТЕНД ДЛЯ ИМИТАЦИИ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ

Д-р техн. наук Т.П. РУСАДЗЕ, А.К. ЛЕЖАВА, А.Ч. ГЕГУЧАДЗЕ
Кутаисский технический университет

На кафедре "Автомобили и тракторы" Кутаисского технического университета создан стенд, позволяющий имитировать автомобильную дорогу, а следовательно, воспроизводить реальные дорожные условия, в которых эксплуатируется автомобиль. Он состоит из отдельных имитаторов, число которых равно числу колес автомобиля. Каждый имитатор, в свою очередь, имеет (рис. 1) беговую дорожку 5, расположенную на опорной раме 6. Эта рама посредством двойных шарниров 7 закреплена на опоре 8, которая может вертикально перемещаться в направляющих 10, одинаковых у всех имитаторов. За исключением того, что нижняя часть такой опоры у имитатора для неуправляемых колес жестко крепится к основанию стенда, а у имитатора для управляемых колес она имеет возможность поворачиваться вокруг вертикальной оси в опорах 11 при перемещении рулевой трапеции, с которой оба имитатора управляемых колес жестко связаны.

Кроме двойного шарнира каждая из опорных рам 6 шарнирно опирается на четыре гидропривода 9, расположенные симметрично относительно центральной опоры

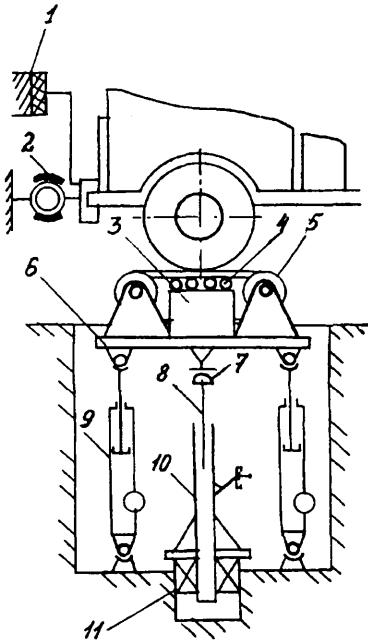


Рис. 1

8, и через шарниры, соединенные с основанием стенд.

Под беговой дорожкой располагаются роликовые подушки 4, которые воспринимают и передают на автомобиль нагрузки, создаваемые гидропульсаторами 3.

Помимо перечисленных элементов в состав имитатора входят датчики 2, приборы воспроизведения информации и т.д.

При установке автомобиля на стенд его рулевая трапеция 12 (рис. 2) соединяется со штоком гидроцилиндра 10, шарнирно закрепленного на основании стенд. Рабочие полости этого цилиндра через гидроприводы 5 и 6 имеют связь с гидроцилиндром 2 штатного рулевого гидропривода и штатным же гидроусилителем 4 рулевого управления 8. Масло в гидрораспределитель нагнетается автомобильным насосом 7 и отводится из него в бачок 11. Золотник 3 гидрораспределителя штангой 9 связан с рулевым механизмом, а его корпус штангой 1 — с рычагом поворотной цапфы управляемого колеса. Торцы золотника опираются на предварительно сжатые центрирующие пружины. На колеса, кроме того, устанавливаются токосъемники, каждый из которых связан с соответствующим магнитографом. На балках мостов, а также на передней и задней попечницах рамы автомобиля крепятся реохордные датчики (поз. 1 на рис. 1) и там же — динамометры (поз. 2 на рис. 1).

Стенд для имитации автомобильной дороги работает следующим образом.

Испытуемый автомобиль устанавливают на беговых дорожках и включают гидропульсаторы, которые через 40 роликовых подушек, имитирующих неровности микропрофиля дороги, передают соответствующие возмущения колесам. Опорные рамы 6 (рис. 1) занимают те пространственные положения, которые им задают гидроприводы 9, управляемые с пульта. Возможных вариантов положений — более $2,2 \cdot 10^{12}$. Даже если принять, что верхний шарнир каждого гидропривода

может занимать три положения — самое верхнее, самое нижнее и среднее (ведь таких гидроприводов 16) и что четырехзвенный механизм рулевой трапеции неподвижен. Если же рулевая трапеция подвижна, то диапазон возможных вариантов мгновенной пространственной ориентации испытуемого автомобиля возрастает еще в 3 раза.

Гидропульсаторы роликовых подушек управляются сигналами с магнитографа, на котором заранее записан реальный дорожный профиль для всех колес и каждого колеса отдельно.

Сигналы динамической составляющей крутящего момента на каждом колесе поступают от токосъемников, установленных на них, и записываются на соответствующих магнитографах. С помощью реохордных датчиков измеряются перемещения неподрессоренных и подрессоренных масс.

Для имитации сил инерции, связанных с неравномерностью поступательного движения автомобиля, на стенде предусмотрена возможность совместного (одновременного) продольного наклона всех опорных рам по закону, учитывающему текущее значение ускорения. Для имитации центробежных сил, возникающих во время движения на поворотах, стенд обеспечивает боковой наклон каждой из опорных рам по закону, учитывающему текущие значения скорости поступательно-

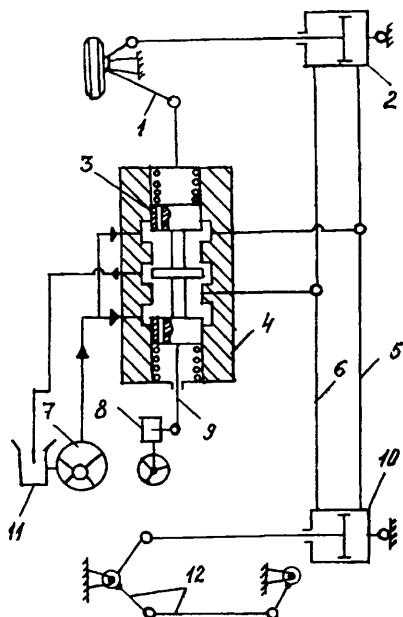


Рис. 2

го движения автомобиля и радиус траектории колеса.

Таким образом, стенд позволяет исследовать плавность хода автомобиля при самых различных дорожных условиях, измерять циклические динамические состав-

ляющие крутящего момента на полуосиах, проводить тягово-скоростные испытания, снимать характеристики упругости ходовой части, оценивать надежность деталей и узлов шасси. Причем делать это при огромном числе вариан-

тов, так как управляет стендом компьютер. И главное, получать весьма достоверные оценки без длительных дорожных испытаний. Ведь имитирует он именно дорожные условия, и самые разнообразные.

УДК 621.43:62-033.6/.7

КЕРАМИКА В ДВИГАТЕЛЯХ

Керамические материалы очень подходят для современной техники, поскольку у них уникально сочетаются механические, теплофизические, химические, электромагнитные, оптические и биологические свойства. Поэтому растет и объем мирового производства таких материалов. Так, по данным печати, зарубежный рынок сбыта высококачественной керамики в 1988 г. составил 12 млрд. ам. долл., к 1995 г. он возрастет до 19 млрд., а к 2000 г. — до 30—50 млрд. долл.

О том, какое внимание придается разработке керамики за рубежом, свидетельствуют и такие факты: в США организована национальная ассоциация по исследованию перспективной керамики (NASRA), координирующая разработки новых материалов и процессов, методов испытаний, технических требований и стандартов, а в Японии более 145 корпораций еще в 1981 г. образовали ассоциацию высококачественных керамических материалов.

Особенно большие перспективы керамика имеет в двигателестроении: здесь только с помощью металлов дальнейшего увеличения максимальной температуры цикла, с которой связано повышение эффективности процесса сгорания топлива, добиться нельзя. Керамика же за счет своей жаростойкости позволяет повысить температуру до 1670—1870 К (1400—1600 °С)

без применения охлаждения, в результате чего — увеличить КПД двигателя, снизить удельный расход топлива и токсичность отработавших газов по ряду вредных компонентов.

К конструкционным керамическим материалам, используемым и перспективным для двигателестроения, относятся материалы на основе нитрида и карбива кремния, оксида алюминия и диоксида циркония. Именно они обладают высокой прочностью, жаро-, износо-, коррозионно- и эрозионной стойкостью (рис. 1). Из них уже делают роторы турбокомпрессоров, поршни, гильзы и плиты головки цилиндров, детали клапанных механизмов, теплоизоляцию выпускных каналов и др. Кроме того, с середины 1970-х годов некоторые ведущие зарубежные фирмы развернули работы по созданию "керамического" (адиабатного) турбокомпаундного дизеля, не нуждающегося в системе охлаждения (радиаторе, вентиляторе, водяной рубашке) для отвода тепла, выделяемого при сгорании топлива. В таком двигателе благодаря эффективной теплоизоляции камеры сгорания и выпускных каналов существенно повышается температура отработавших газов и их энергия, которая затем срабатывается на турбине. В результате термический КПД может быть повышен до 48 %, что на 30 % больше, чем у обычного дизеля. Примером может служить адиабатный турбокомпаундный дизель для танка, разработанный фирмой "Камминз" совместно с японскими фирмами "Тошиба" и "NGK Инсалаторс".

Основная задача, которая ставилась перед разработчиками этого дизеля, — найти способы эффективной термоизоляции внутрицилиндрового пространства и выпускных каналов, уменьшения тепловых потерь и исключения системы охлаждения. Решалась она с помощью керамики. Так, для термоизоляции головки блока и поршней специалисты фирмы применили однослойное покрытие из частично стабилизированного диоксида циркония, а для гильз цилиндров — двухслойное, состоящее из слоя диоксида циркония и на нем — слоя окиси хрома. Выпускные каналы покрывались керамикой на основе титаната алюминия.

Ходовые испытания двигателя на тяжелом грузовике прошли в 1982 г., полностью адиабатный турбокомпаундный двигатель предполагалось испытать в 1992 г., а к 2000 г. создать усовершенствованный его вариант — с минимальным трением. Более того, планировалось, что уже в 1990 г. будет освоено серийное производство "керамических дизелей". Однако трудности, возникшие в процессе разработки адиабатного дизеля, оказались больше ожидавшихся, и он пока в серийное производство не пошел.

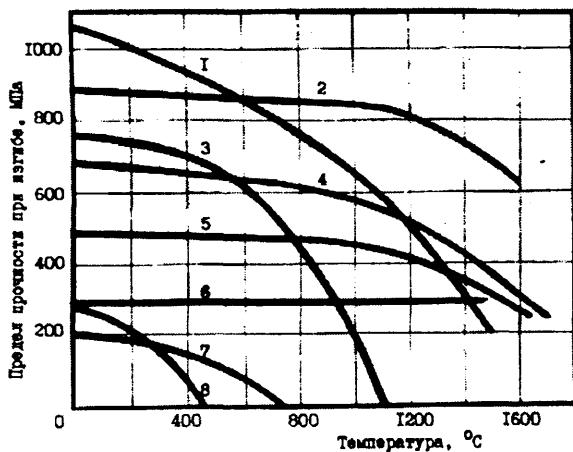


Рис. 1. Влияние температуры на прочность материалов, используемых в двигателестроении:

1 — горячепрессованный оксид циркония; 2 — горячепрессованный нитрид кремния; 3 — жаропрочный сплав ЖС-6У; 4 — спеченный нитрид кремния; 5 — горячепрессованный карбид кремния; 6 — реакционно-связанный нитрид кремния; 7 — чугун; 8 — алюминиевый сплав

Керамическими деталями для двигателей занимаются и другие японские фирмы. Например, "Киото Керамик" еще в конце 1981 г. показала по телевидению опытный трехцилиндровый дизель рабочим объемом 2 л, у которого выпускные и впускные клапаны, головки поршней, гильзы цилиндров, турбокомпрессор и коллектор были изготовлены из нитрида кремния, а плита головки цилиндра — из диоксида циркония.

Автомобиль с этим двигателем совершил несколько демонстрационных поездок по испытательному треку.

Фирма "NGK Спарк Плэйдж", крупнейший производитель свечей зажигания в Японии, тоже сконструировала экспериментальный керамический двигатель, но — двухтактный с воздушным охлаждением рабочим объемом 50 см³. Его цилиндры и их головки, поршни и шатуны были выполнены из нитрида кремния, картер — из оксида алюминия. Двигатель отработал на стенде 50 ч при 3000 мин⁻¹.

Фирма "Исудзу" в свое время сообщала об успешной разработке керамического двигателя с турбокомпрессором, работающего на бензине и дизельном топливе. По ее заявлению, двигатель развивает скорость 7000—8000 мин⁻¹, имеет коэффициент полноты сгорания на 30—50 % выше, чем у обычных двигателей, а массу — на 30 % ниже; у него чище отработавшие газы. В ближайшие два-три года фирма планирует организовать серийное производство таких двигателей.

Фирма "Киосера" разработала четырехцилиндровый двигатель с оппозитным горизонтальным расположением цилиндров, поршни, гильзы цилиндров, головка цилиндров и роторы турбокомпрессора которого изготовлены из нитрида и карбида кремния, а поршневые кольца — из нитрида титана (методом шликерного литья).

Фирма "Мазда" работает над роторным двигателем с тремя роторами, в котором из керамики изготовлены газонепроницаемые уплотнения и облицовка картера.

Массовым производителем турбокомпрессоров с керамическим ротором стала фирма "Тойота", которая с 1989 г. устанавливает их на спортивных автомобилях моделей "Селика" и MP-2. Роторы изготавливают из спеченного нитрида кремния с добавками оксида иттрия и алюромагнезиальной шпинели методом литья под давлением. Материал имеет прочность при изгибе 700 МПа (7000 кгс/см²), модуль Всейбулла-20. Надежность соединения керамической детали с металлическим валом достигается заливкой двух буферных слоев пластичного металла, что обеспечивает согласование коэффициентов термического расширения и исключает сложную механическую обработку деталей.

Фирмы и государственные службы США и Европы высказываются (и действуют) в этом смысле осторожнее. Например, начали здесь не с двигателей, а с материалов. В частности, в Ок-Риджской национальной лаборатории министерства энергетики США в 1985 г. занялись именно разработкой перспективных керамических материалов, а не сразу двигателями. Цель исследований — определить, как влияет длительность работы двигателя на механические свойства керамики. Был изучен частично стабилизи-

рованный диоксид циркония как материал, имеющий низкую теплопроводность, высокую прочность и ударную вязкость. Но вывод был сделан не в его пользу: в связи с возможной деградацией механизма трансформационного упрочнения диоксида циркония при длительном воздействии температуры и давления для теплонапряженных деталей предпочтение следует отдавать нитриду и карбиду кремния.

В университете г. Бат (Великобритания), имеющем большой опыт в области как керамических материалов, так и двигателестроения, ведутся исследования по использованию керамических материалов в комбинации с металлическими сплавами. Программа финансируется министерством торговли и промышленности, а также фирмами GKN, "Форд", "Пилькингтон".

Германские "Фольксваген", "Кюле", "Копп и Кауш" исследовали применимость нитридов и карбидов кремния для роторов турбокомпрессоров. Они установили, что экспериментальные образцы роторов при температуре 1190 К (920 °C) выдерживают окружную скорость 512 м/с. Они менее инерционны и более приемлемы при низких частотах вращения, чем роторы из сплавов металлов; у них меньше масса; при их изготовлении не расходуются такие дорогостоящие и дефицитные металлы, как хром, никель, молибден и др. И, понятно, работать они могут при более высоких температурах.

Работают в США также над керамическими деталями и узлами ДВС.

Например, на международном конгрессе автомобильного общества американских инженеров (SAE) фирма "Джеррет Аутомотив" в 1990 г. продемонстрировала созданный из керамики турбокомпрессор, который устанавливается на шестицилиндровом двигателе (мощностью 380 кВт, или 280 л.с.) спортивного автомобиля фирмы "Ниссан", продаваемого в Японии.

Фирма "Гаррет" приступила к разработке технологии изготовления керамических роторов турбокомпрессоров в 1978 г. В процессе исследования 200 тыс. изделий подтвердилось, что инерционность керамических роторов на 40 %, а время разгона на 30 % меньше, чем роторов металлических.

Фирма "Крайслер" работает над созданием легкого комбинированного поршня, юбка которого изготавливается из полимера, головка — из керамики. Исследования фирмы TRW показали перспективность керамики для клапанов, особенно нитрида кремния.

Фирма "Карборундум" провела испытания толкателей клапанов из карбида кремния на двигателе рабочим объемом 350 дм³. После 100 ч работы (при 4000 мин⁻¹) износа клапанов и кулачкового вала отмечено не было. При испытаниях на двигателе грузовых автомобилей "Бедфорд" — то же самое: после 5000 ч работы износ керамических деталей был во много раз меньше, чем толкателей металлических.

Прогноз внедрения отдельных керамических деталей в ДВС, по мнению специалистов исследовательского центра фирмы ФИАТ, иллюстрирует рис. 2. Из него видно, что в первую очередь будут внедряться роторы турбокомпрессоров, элементы клапанного механизма, вставки выхлопных каналов. Для того чтобы выпуск этих деталей на рынке достиг 5 % общего

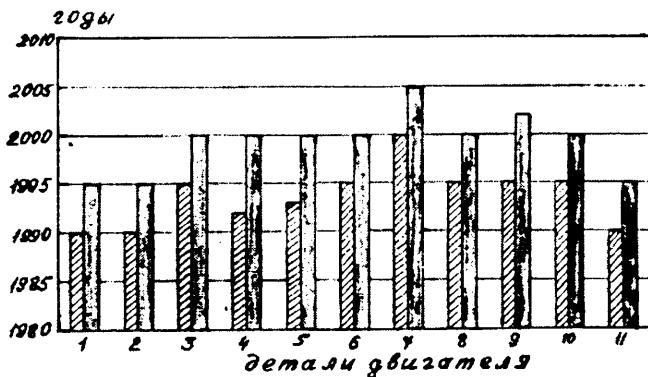


Рис. 2. Прогноз начала внедрения керамических деталей в двигатели внутреннего сгорания (заштриховано) и достижения выпуска 5 % от общего объема (закрашено):

1 — ротор турбокомпрессора; 2 — коромысла клапана; 3 — клапан; 4 — направляющие клапана; 5 — седло клапана; 6 — накладка на поршень; 7 — поршень; 8 — шапка поршня; 9 — вставка в гильзу; 10 — поршневые кольца; 11 — вставка в выпускные каналы

объема выпуска, потребуется 5—10 лет от начала внедрения. А для того, чтобы стоимость керамических деталей сравнялась со стоимостью металлических, — еще столько же.

Другими словами, широкое внедрение керамические детали в карбюраторных двигателях и дизелях получат с 1995 г. Адиабатные же двигатели — с 2000 г.

Керамика должна найти применение также в автомобильных и авиационных ГТД. Здесь она даст возможность повысить КПД двигателей на 6—10 %, снизить удельный расход топлива на 10—30 %, сократить потребление дефицитных металлов (никеля, кобальта, вольфрама и др.), использовать более низкосортные виды топлива.

Одной из первых информаций об использовании керамики в ГТД было сообщение фирмы "Гаррет" о завершении в 1981 г. 15-часовых испытаний ротора турбины с керамическими лопатками авиационного турбовинтового двигателя Т-76 и о том, что керамические элементы позволили повысить температуру газа перед турбиной до 1480 К (1210 °С). Благодаря этому мощность на валу возросла на третью, а удельный расход топлива сократился на 10 %.

Фирма "Роллс-Ройс" (Великобритания) провела испытания вертолетного ГТД с рабочими лопатками из горячепрессованного нитрида кремния. Скорость вращения ротора — 40 тыс. мин⁻¹, температура газа на входе в турбину — 1370 К (1100 °С).

Есть сообщения и о разработках автомобильных ГТД с керамическими элементами фирмами "Фольксваген" (мощность 110 кВт, или 150 л.с.) и "Вольво".

Фирма "Даймлер-Бенц" методом горячего прессования изготавлила из нитрида кремния экспериментальный керамический ротор автомобильного ГТД. Однако рабочие лопатки выполнялись механической обработкой, что оказалось делом весьма трудоемким и не пригодным для массового производства.

В США с 1972 г. ведутся работы по созданию ГТД "Джемини" с радиальной турбиной мощностью 10 кВт (13,6 л.с.), предназначенного для вспомога-

тельных силовых установок, работающих в запыленной и коррозионно-активной среде. В 1989—1990 гг. двигатель с сопловым аппаратом и рабочим колесом из нитрида кремния наработал 424 ч при температуре 1470 К (1200 °С) перед турбиной.

В США же под эгидой министерства энергетики был выполнен ряд программ по изучению возможности применения керамики в ГТД. Это программа СТАНЕ (керамическая технология перспективных тепловых двигателей), разработанная в 1983 г., программа САТЕ, в рамках которой был создан ГТД GT 404-4 с керамическими элементами; программа AGT, в которой фирмой "Аллисон" разрабатывался ГТД AGT-100 с температурой газа перед турбиной 1548 К (1275 °С). Фирмы "Гаррет" и "Форд" в 1979—1987 гг. выполнили программу по перспективным газовым турбинам, направленную на обеспечение автомобильной промышленности США перспективной технологией создания ГТД, позволяющих снизить расход топлива и загрязнение окружающей среды. Был создан двигатель AGT-101 (рис. 3), представляющий собой одновальную газовую турбину (мощность 73 кВт, максимальная температура газа на входе в турбину 1647 К, или 1374 °С) с регенеративным теплообменником. Статор турбины изготовлен из нитрида кремния методом литья под давлением; ротор — методом шликерного литья; задний картер турбины — из композиционной керамики "карбид кремния—борид титана" методом прессования; гофрированная пружина и переходной патрубок — из спеченного альфа-карбида кремния методом штамповки и литьем под давлением.

Программа AGT была завершена успешными испытаниями керамических деталей в двигателе: в течение более 250 ч они работали при температуре 1477 К (1204 °С). Дальнейшие работы (с июля 1987 г.) были сконцентрированы в рамках программы АТТАР, направленной на создание технологии производства керамики для ГТД, разработку методов

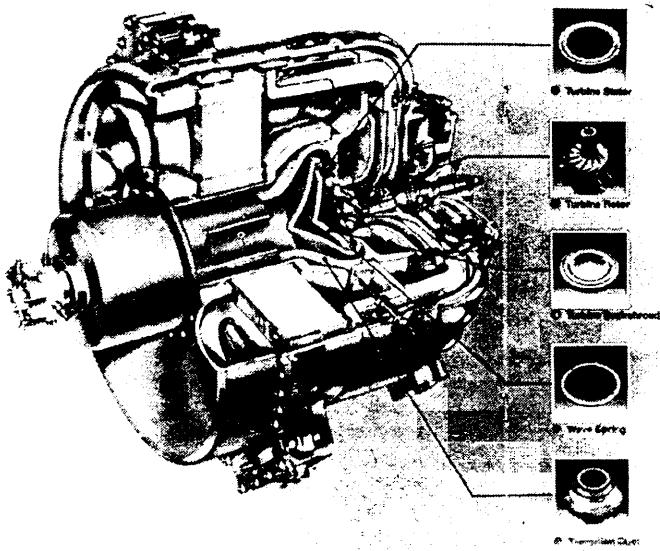


Рис. 3. Газотурбинный двигатель AGT-101:
1 — статор; 2 — ротор; 3 — задний картер турбины; 4 — керамическая гофрированная пружина; 5 — переходной патрубок

конструирования и оценки надежности керамических деталей, которая должна была завершиться в 1992 г. 300-часовыми испытаниями двигателя при температуре газов перед турбиной, равной 1647 К (1374 °C).

Японская "Мицубиси" тоже провела успешные испытания керамического ротора автомобильного ГТД на высокотемпературную прочность. Этот ротор, изготовленный из карбида кремния, в течение часа выдерживает, как оказалось, температуру на входе турбины 1673 К (1410 °C).

На мюнхенской выставке "Керамитек-91" германская "Дидер" показала два новых керамических материала, предназначенных для сопловых аппаратов ГТД, — "Дикерон SC 90" и "Дикерон SC 100S". Первый состоит из смеси кремния и карбида кремния, его плотность составляет $2,95 \text{ г}/\text{см}^3$, максимальная рабочая температура — 1670 К (1400 °C), а прочность при изгибе при комнатной температуре — 1000 МПа ($10^4 \text{ кгс}/\text{см}^2$). Второй — из спеченного без давления карбида кремния, с плотностью $3,1 \text{ г}/\text{см}^3$, рабочей температурой 2020 К (1750 °C) и прочностью при изгибе 4000 МПа ($4 \cdot 10^4 \text{ кгс}/\text{см}^2$).

Зарубежные фирмы уделяют внимание керамическим подшипникам, потому что высокие рабочие температуры и износостойкость керамических материалов позволяют повысить скорость вращения, снизить требования к смазке и охлаждению подшипниковых узлов. Важно и то, что они немагнитны, стойки к коррозии, обладают хорошими электроизоляционными свойствами.

Для подшипников используются в основном кремниевые нитриды твердостью по Виккерсу более $1,2 \cdot 10^4 \text{ МПа}$ ($1,2 \cdot 10^4 \text{ кгс}/\text{см}^2$), модулем упругости более $2,1 \cdot 10^5 \text{ МПа}$ ($21 \cdot 10^5 \text{ кгс}/\text{см}^2$), плотностью

менее $4 \text{ г}/\text{см}^3$, пределом прочности при изгибе не менее 700 МПа ($7000 \text{ кгс}/\text{см}^2$) и рабочей температурой до 1070 К (800 °C). Гибридные подшипники с телами качения из такой керамики обладают в 3—10 раз большей долговечностью, в 10 раз более высокой износостойкостью и допускают рабочие температуры до 870 К (600 °C). Такой подшипник, например, был испытан в двигателе и отработал 50 мин при частоте вращения 39000 мин⁻¹ и отсутствии смазки.

Некоторые фирмы, в частности, германская ESK, серийно выпускают и цельнокерамические подшипники.

Решаются с помощью керамики и экологические проблемы: на ее основе создают катализитические нейтрализаторы и сажевые фильтры, предназначенные для очистки отработавших газов автомобилей. (Например, американская фирма "Корнинг" разработала тонкостенные сотовые блоки из высокопрочной кордierитовой керамики, имеющие 54—68 отверстий на 1 см^2 и толщину стенки 0,14 мм.) Керамические сажевые фильтры выдерживают 12 циклов регенерации.

Керамика (оксид циркония) используется также для изготовления чувствительных элементов датчиков кислорода.

Как видим, керамика действительно пригодна для работы в ДВС и ГТД. Однако массового применения она пока не получила. Причин две: недостаточная надежность деталей из нее и их высокая стоимость. Тем не менее она внедряется. В том числе и в двигатели, выпускаемые серийно. И процесс этот, несомненно, будет идти дальше.

Канд. техн. наук Ю.И. КЕЛИН

ИНФОРМАЦИЯ

НА КОНВЕЙЕРЕ — 30 лет

Газета тридцатилетней давности. Вверху первой полосы крупным шрифтом красного цвета набрано: "Сегодня начинается массовое производство грузовых автомобилей ЗИЛ-130". "Сегодня" — это 1 октября 1964 г., когда Московский завод имени И.А. Лихачева



Автомобильная промышленность, 1994, № 11

чева полностью перешел на выпуск ставшей затем знаменитой и поныне доминирующей на дорогах нашей страны машины.

Создавали и отлаживали ЗИЛ-130 под руководством главного конструктора автозавода А.М. Кригера. Ведущую роль при этом играли также Б.Я. Соксов (он возглавлял бюро по грузовым автомобилям), Я.М. Шендерович, Г.А. Феста, А.П. Зигель, В.И. Машатин, Г.А. Матеров. Первые образцы машины, как известно, появились еще в 1958 г., а ее заводские испытания начались в 1959 г., когда завод начал свою четвертую реконструкцию. Хотя первоначально предполагалось уже в 1962 г. перейти без остановки производства на массовую ее сборку. Но реконструкция шла трудно, и в сентябре предполагаемого старта 1962 г. собрать удалось лишь пять автомобилей.

Руководство страны создавшееся положение беспокоило. Например, еще на XXII съезде КПСС в адрес ЗИЛа из уст Н.С. Хрущева прозвучала критика, понятая всеми как первое предупреждение руководи-

телям завода. Затем появилась статья в "Правде" "ЗИЛ на ухабах", что означало предупреждение последнее. Итог — "оргвыводы". Вместо А.Г.Крылова (директор с 1954 г.) во главе завода становится (март 1963 г.) П.Д. Бородин. Смена произошла, когда реконструкция была на стадии завершения. Поэтому новый директор оказался в тех же условиях, что и военачальник, успевший подойти к концу битвы со свежим подкреплением: он получил со временем все, что и полагалось руководителю успешно работающего предприятия "эпохи застоя": награды, почести, большие общественные должности. Однако и сделал он много. Благодаря его энергии, связям в 1963 г. с конвейера сошли 500 машин ЗИЛ-130. Да и само производство готовилось на достаточно высоком технологическом уровне. Например, на заводе, впервые за всю его историю, внедряются толкающие конвейеры с программным управлением, система бесперевалочной подачи заготовок и полуфабрикатов из заготовительных в механообрабатывающие цехи; в кузовном цехе — прогрессивная, спроектированная заводскими инженерами линия окраски кабин синтетическими покрытиями, с агрегатами бондеризации, сушки и охлаждения, также соединенными подвесными толкающими конвейерами; в прессовом корпусе — автоматические линии сварки пола кабин, сборки и сварки дверей. До предпускового состояния была доведена система межцеховых конвейеров — от прессового до сборки и испытания автомобилей.

Правда, оставались и проблемы. В частности, никак не налаживалось производство рулевого механизма с гидроусилителем — нового и важнейшего агрегата, впервые примененного на разработках ЗИЛа. В термическом цехе долго не могли освоить цементацию и закалку винтовой пары руля (более 50 % шариковой гайки уходило в брак). В литейном цехе № 2 не получался картер рулевого механизма.

Все это не могло не сказатьсь на качестве первых "стотридцаток": рекламации за пять месяцев 1964 г. составили 15,2 % (против 1,26 % по ЗИЛ-164A), а гарантийный ремонт обошелся заводу в 195 тыс. руб.

Недоделки постепенно устраивали. Особенно "плотно" работы шли в последние недели и дни перед началом массового производства. Например, за месяц до этого газета "Московский автозаводец" ежедневно информировала читателей о ходе подготовки. И вот 1 октября 1964 г. она сообщила, что машина, даже внешний облик которой существенно отличался от всего, что ранее выпускал завод, пошла с ленты главного конвейера.

ЗИЛ-130 образца 1964 г. получился действительно неплохим автомобилем. Он был на 120 кг легче предшественника (ЗИЛ-164); перевозил на 0,5 т больше груза; развивал скорость 90 км/ч, расходуя при этом 26 л топлива на 100 км пути (показатели ЗИЛ-164: 70 км/ч и 27 л/100 км). Машина имела строго лаконичный вид, хорошую отделку, двухцветную окраску, просторную трехместную кабину с новыми системой вентиляции и отоплением, панорамным стеклом. Серьезную модернизацию претерпело ее рулевое управление: гидроусилитель, встроенный в рулевой механизм, не только снижал усилие, прикладываемое

к рулевому колесу, но и повышал безопасность движения. Надежность и жесткость рамы обеспечивались за счет увеличения высоты профиля лонжеронов, надежность переднего моста — за счет усиления его балки. Удлиненные передние и задние рессоры, телескопические амортизаторы, установленные на передней оси, способствовали хорошей плавности хода автомобиля. В системе электрооборудования мощность генератора возросла до 350 Вт, т.е., по сравнению с генератором автомобиля ЗИЛ-164, почти на 50 %. Провода высокого напряжения с изоляцией из полихлорвинилового пластика не боялись воздействия масла и бензина.

Перед началом массового производства новая машина длительное время проверялась на стендах, вибраторах, в эксплуатации. В том числе в экстремальных условиях Якутии и Таджикистана. И совсем не случайно то, что она была удостоена такой престижной международной награды, как золотая медаль Лейпцигской ярмарки.

Кроме базовой модели были разработаны и ее модификации: седельный тягач ЗИЛ-130В1 с колесной базой 3300 мм, предназначенный для буксировки полуприцепа полной массой 12,4 т с грузом до 10,5 т; ЗИЛ-130Г с увеличенной до 4500 мм базой и площадью платформы 10,4 м² при длине 4,7 м²; самосвал ЗИЛ-ММЗ-555, оборудованный новым гидроподъемным механизмом и оригинальным полукруглым кузовом объемом 3,1 м³.

В 1967 г. за создание конструкции семейства грузовых автомобилей ЗИЛ-130 ведущим специалистам завода была присуждена Государственная премия СССР, в том числе А.М. Кригеру, Б.Я. Сокову, Г.А. Фесте, Г.Г. Михайлову, главному инженеру К.В. Строганову.

Вскоре автомобиль ЗИЛ-130 стал поистине символом автозавода имени И.А. Лихачева, самой знаменитой, самой прославленной машиной. Так, в 1970 г. из 524507 грузовых автомобилей, выпущенных в нашей стране, 157 тыс. составили автомобили ЗИЛ, а в 1976 г. — из 715671 — 201986.

О непрерывном же росте производства именно ЗИЛ-130 свидетельствуют такие цифры: в 1974 г. с главного конвейера сошла миллионная "стотридцатка", а в 1982 г. — двухмиллионная. Всего до 1994 г. было выпущено 3366503 автомобиля модели "130".

Время шло, и автомобиль, неоднократно и существенно модернизированный и усовершенствованный, все же морально и технически устарел. Поэтому завод, несмотря на невероятно сложные условия последних лет, все-таки пошел на очередную реконструкцию. И уже завершает ее, постепенно переходя на выпуск новых АТС — от малотоннажных до большегрузных. Причем собирается их на его главном конвейере все больше и больше. А через несколько лет ЗИЛ-130 займет почетное место лишь в экспозициях автомобильных музеев. Но он сделал свое дело и поэтому на долгие годы останется одним из символов трех десятилетий жизни страны, яркой и во многом поучительной страницей истории автозавода имени И.А. Лихачева.

Музей АМО ЗИЛ

УДК 629.113:658.562.5(470+571)

АВТОМОБИЛЬНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ РОССИИ — НА ВЫСТАВКЕ В ИНДИИ

На предприятиях российского промышленного комплекса освоены, как известно, практически все современные высокие технологии. Поэтому сейчас стоят две важнейшие задачи: во-первых, передать эти технологии в гражданские отрасли и освоить их там; во-вторых, развивать внешний технологический трансфер, продажи за рубеж и использовать на взаимовыгодной основе российские технологии по совместному производству продукции для собственных нужд и продажи в третьи страны.

На первой задаче останавливаются смысла нет: многое здесь очевидно. Что же касается второй, то с ней не все просто. С одной стороны, в настоящее время наблюдается рост интереса многих зарубежных стран и фирм к сотрудничеству с Россией в области технологий. С другой же, они там очень мало знают о наших возможностях. Однако еще важнее то, что наши разработчики и производители плохо знают и понимают зарубежные рынки. И в этом смысле АО "НИИТавтопром" — российский центр технологической науки в автомобилестроении — не исключение.

Упущенное приходится наверстывать — изучать, анализировать существующие и потенциальные рынки мира. Пример тому — участие НИИТавтопрома в Международной технологической выставке (ТЕХМАРТ-93).

Выставка проходила в Индии и была организована Национальной корпорацией малых предприятий (NSIC) совместно с Организацией объединенных наций по промышленному развитию (UNIDO), Индийской торговой организацией (ITPO) и правительством Индии.

Приоритетными разделами ТЕХМАРТа-93 были пять: автомобильные компоненты; "высокие" технологии (микрокомпьютеры, электронное оборудование, обработка пластмасс); обработка кожи на базе экологически чистых технологий; нетрадиционные источники энергии; технологии пищевой промышленности. Причем первый из разделов был, можно сказать, самым приоритетным, поскольку производство автомобильных компонентов индийским правительством считается одним из наиболее важных. Поэтому и НИИТавтопром представил на выставке весьма широкую, охватывающую все производства и переделы автомобиль- и машиностроения, гамму разработок и услуг.

Такой подход оказался правильным. Он позволил выявить уровень интереса партнеров из Индии и стран-участников к разработкам института и АО в целом, заинтересованность в создании совместных предприятий, приобретении технологий и оказании услуг.

Так, было установлено, что партнеров больше всего интересуют НИИТавтопромовские автоматические линии для опочной и безопочной формовки; точное литье по выжигаемым моделям; автоматизированные технологические комплексы и аппаратура для упрочнения плазменным и газопламенным напылением таких автомобильных деталей, как поршневые кольца, вилки переключения передач и кольца синхронизаторов коробок передач, шаровые пальцы, шкворни карьерных автомобилей-самосвалов; установки "Пуск" для вакуумного ионно-плазменного многослойного напыления инструмента и деталей машин, работающие более чем на 40 заводах различных отраслей отечественной промышленности, а также на 20 заводах за рубежом (в том числе в концерне ФИАТ); цехи и участки по изготовлению деталей методами горячей и холодной объемной штамповки, литых кузнецких штампов, создаваемые по типовым проектам, в том числе на условиях "под ключ", и многое другое. Заинтересовали представителей индийских фирм и предложения НИИТавтопрома об организации презентации и маркетинга их продукции на рынках России и стран СНГ. Хорошо прошли также переговоры с рядом фирм, специализирующихся на продвижении "высоких" технологий. Это индийские Центр технологий, национальная корпорация малых предприятий и АСТ, итальянская СЕССР и др.

Особую роль в организации продвижения технологий на рынок третьих стран занимает ЮНИДО, создавшее сеть INTIB — Банка промышленной и технологической информации. INTIB был основан более 16 лет тому назад и служит для развивающихся стран Азии, Африки и Латинской Америки "окном" в мир технологий. Он предлагает им всевозможную информацию, техническую помощь и доступ к базе данных.

В целом участие в ТЕХМАРТе-93 было полезным. И не только с точки зрения ознакомления западных фирм с технологиями института, но и потому, что выявило наши недоработки. В частности, стало ясно: при бесспорной новизне многих наших разработок и оригинальном замысле конструктора-технолога некоторые виды технологического оборудования НИИТавтопрома остро нуждаются в улучшении дизайна и вообще эстетики. Автоматизированное оборудование, для повышения его конкурентоспособности, необходимо приспосабливать к управлению от ПЭВМ, вводить систему самодиагностирования, улучшать эргономические показатели.

Выставка позволяет сделать вывод и в отношении торговой политики: приоритет в ней нужно отдавать торговле не лицензиями, а новыми научноемкими технологиями и соответствующим им оборудованием.

Е.С. ДОБРИНСКИЙ
НИИТавтопром

ГОСУДАРСТВЕННОЕ РЕГУЛИРОВАНИЕ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АВТОМОБИЛЕЙ

Канд. техн. наук А.Г. ШМИДТ, д-р техн. наук А.А. ТОКАРЕВ,
А.М. СЕРЕЖЕНКИН
НАМИ, Комитет по машиностроению РФ

Топливная экономичность автотранспортных средств — все более обостряющаяся проблема. Причем обостряющаяся во всем мире. Естественно, что ее решением занимаются не только производители АТС, но и государственные органы. Опыт работы последних, в частности, опыта США, думается, должен представлять интерес и для нас.

Основным стимулом технического прогресса в области автомобилестроения США при сложившемся автомобильном рынке давно уже стала жесточайшая конкуренция между фирмами-производителями. И улучшение топливной экономичности автомобилей — не исключение. Но рыночный фактор дополняет действующая в стране федеральная система регулирования уровней топливной экономичности выпускаемых и импортируемых легковых автомобилей, а также грузовых автомобилей малой грузоподъемности.

В соответствии с этой системой на каждый модельный (календарный) год устанавливаются допустимые по стране (они же и по фирмам) средние уровни расходов топлива (устанавливаются по результатам национальных исследований потенциальных возможностей повышения топливной экономичности новых автомобилей), и если фирма-производитель превысит эти уровни, к ней применяются экономические санкции.

Такова организационная суть системы государственного регулирования. Если же на нее посмотреть с методологической стороны, то она включает оценочные показатели топливной экономичности автомобилей, методы расчета среднего по фирмам уровня в рассматриваемом модельном году и определения экономических санкций и т.п.

Но в системе есть интересный момент, который не всегда замечают аналитики. Фирмы, подвергнутые экономическим санкциям, государство не оставит наедине с их проблемами: такие фирмы пользуются правом на получение льготных кредитов из федерального бюджета для капитальных вложений, направляемых на техническое совершенствование выпускаемых автомобилей (улучшение конструкции, применение прогрессивных материалов, улучшение технологии изготовления и т.д.).

В качестве примера действия системы можно привести такой. Национальный исследовательский Совет США по поручению Департамента транспорта изучил недавно потенциальные возможности повышения топливной экономичности новых бензиновых, дизельных легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности, которые будут поступать на американский рынок в период до 2006 г. Работу выполнила группа экспертов, в состав которой входили представители от промышленности, науки и правительства.

При рассмотрении данной проблемы эксперты исследовали три ее аспекта: технические, практичес-

кие и политические возможности и достижимые уровни улучшения топливной экономичности автомобилей. При этом технически достижимое улучшение оценивалось через возможность обеспечить внедрение новейших технологий, не нарушающих требования безопасности и экологии. А вот что касается практически достижимого улучшения, т.е. основной задачи, для решения которой и предназначена система государственного регулирования, то здесь группе экспертов пришлось заняться не столько техникой, сколько экономикой, социальной политикой и просто политикой. В частности, анализировать, какими будут издержки производителя и потребителя, а также общества в целом, если попытаться выйти на технически достижимые уровни (здесь прежде всего имеется в виду учет: финансовых затрат потребителей и производителей автомобилей; влияния на занятость населения и конкурентоспособность АТС; связи топливной экономичности с безопасностью пассажиров, пешеходов и токсичностью выбросов с отработавшими газами; выгод для экономики США, в том числе и за счет повышения экономической безопасности страны вследствие уменьшения зависимости от импорта топлива).

Теперь о результатах работы экспертов.

Основной целью определения технически достижимых уровней топливной экономичности легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности различных классов было одно: снять спорные вопросы, неизбежные, когда интересы изготовителей сталкиваются с интересами общества, которые обязаны защищать государство.

Так, эти уровни на модельные 1996—2006 гг. определялись исходя из допущения, что производители будут использовать существующие (применяемые) технологии. Значит, нужно было оценить возможные дополнительные затраты на производство автомобилей с улучшенной топливной экономичностью (эти оценки не включают дополнительных затрат, связанных с выполнением требований по повышению безопасности АТС и снижению токсичности отработавших газов).

Базовыми "точками" оценок были четыре: все новые модели автомобилей должны соответствовать требованиям стандарта 1990 г. по токсичности, а также действующим и разрабатываемым стандартами по безопасности; основные показатели потребительских качеств (например, внутренний объем кузова и разгонная динамика) не должны заметно ухудшаться; из существующих технологий, обеспечивающих улучшение топливной экономичности автомобилей, принимаются во внимание лишь те, которые в настоящем времени где-либо в мире применяются в массовом производстве автомобилей; стоимость одного галлона бензина не превышает 5—10 долл. США.

Таким образом, технически достижимые уровни эксперты не рассматривали как технический предел, который может быть достигнут при современных уровнях знаний, а лишь как рекомендации к будущим стандартам по топливной экономичности.

Это с одной стороны. С другой же, они — один из многих аспектов, которые необходимо учесть политикам при назначении практически достижимых уровней топливной экономичности на ближайшее будущее.

Учесть так, чтобы практически достижимые уров-

ни для каждого класса автомобилей обеспечили баланс социальных затрат и выгод (они, очевидно, должны находиться между уровнями, которые могут быть достигнуты без какого-либо государственного вмешательства, и технически достижимыми уровнями).

В процессе исследования группа экспертов выполнила усредненный качественный и количественный анализ технологий и затрат, которые могут быть связаны с новыми автомобилями. Сделано это с учетом рыночного спроса, стоимости и эффективности технологий, направленных на повышение топливной экономичности автомобилей, последних достижений в данной области (лучшие в каждом классе автомобили).

В итоге были выработаны оценки перспективных технически достижимых уровней топливной экономичности автомобилей разных классов в 2006 модельном году и затрат, выраженных в среднем увеличении розничной цены автомобилей и вызванных использованием новых технологий (см. таблицу).

В таблице не учтены затраты, связанные с повышением уровней безопасности автомобилей и токсичности их выхлопа. Однако группа экспертов определила также и границы показателей при различной вероятности их реализации.

Из таблицы видно, что за 15 лет топливная экономичность автомобилей всех классов должна значительно улучшиться. Это снизит затраты на эксплуатацию автомобиля, однако цена его возрастет, поскольку производителю автомобиль будет обходиться дороже. Предполагаемое ужесточение требований по безопасности приведет к увеличению розничной цены легковых автомобилей в среднем на 300 долл., а грузовых автомобилей малой грузоподъемности — на 500 долл. (в ценах 1990 г.). Что касается стоимостной оценки затрат на обеспечение требований по токсичности отработавших газов, то цифры здесь меняются в достаточно широких пределах: от нескольких сотен до 1600 долл. на один автомобиль, что объясняется рядом непроработанных группой моментов.

Реализация приведенных в таблице технически достижимых уровней топливной экономичности зависит от большего числа факторов: развития технологий, конструкторской стратегии разных производителей, цен на топливо и его наличия, возможностей экономики США, изменений во вкусах потребителей и самих перспективных стандартов по топливной экономичности, а также от влияния требований по безопасности и токсичности. Иными словами, от многих потребительских и регулирующих требований, учесть которые непросто. Например, созданные суперэффективные легковые автомобили и концепткары не удовлетворяют многим требованиям рынка и поэтому не могут быть основой для исследования потенциальных возможностей повышения топливной экономичности в будущем. Но ряд разработанных технологий, обеспечивающих определенный эффект, для ее повышения приемлемы. В том числе влияющие на КПД двигателя и трансмиссии, массу автомобиля, аэродинамическое его сопротивление, потери на качение в шинах, эффективность вспомогательного оборудования и т.д.

К новым технологиям, способствующим повышению топливной экономичности, относятся, например,

бензиновые двигатели, работающие на обедненных смесях, принципиально новые двухтактные двигатели и дизели нового поколения (с турбонаддувом и охлаждением наддувочного воздуха). Можно предположить, что за период до 2006 модельного года могут появиться и другие — непредвиденные — технологии.

Изучение различных источников недавних исследований потенциальных возможностей повышения топливной экономичности автомобилей в будущем показало: единого мнения по многим вопросам нет. Даже в оценках эффективности технологий, имеющих массовое применение. Как и в отношении стоимости различных технологий и масштабов их использования. Поэтому эксперты группы, организованной Национальным исследовательским советом США, считают, что назрела острая необходимость создания и проведения в США широкой федеральной программы сбора данных и поддержки национальной политики в области повышения топливной экономичности автомобилей. Ведь топливная экономичность и безопасность автомобиля (измеряемая в США числом смертных случаев в авариях на 100 млн. миль общего пробега) взаимосвязаны, поскольку одним из способов повышения первой является уменьшение габаритных размеров и массы АТС. Но существенно уменьшение последних представляет потенциальную опасность в распространенных аварийных ситуациях (например, при столкновении автомобиля с нежестким неподвижным препятствием): при авариях риск для пассажира небольшого (но высокоеconomичного) автомобиля больше, чем большого (но неэкономичного). Более того, рядом исследований аварий одиночных автомобилей установлено, что риск не только получения телесных повреждений, но даже гибели для пассажиров небольших (легких) автомобилей выше, особенно при столкновении двух автомобилей.

Все это, так сказать, "привычная очевидность", своеобразный психологический стереотип. Количественные же доказательства, а тем более теория воп-

Класс автомобиля	Максимальный/минимальный расход топлива, л/100 км		Снижение расходов топлива при максимальном/минимальном его расходе, %	Повышение розничной цены автомобиля при максимальном/минимальном расходе топлива, долл.
	1990 г.	2006 г.		
<i>Легковые автомобили</i>				
Субкомпакт	7,5	6,0/5,4	20/28	
Компакт	8,0	6,9/6,2	24/23	500–1250/1000–2500
Средние	9,0	7,3/6,7	19/26	
Большие	10,0	7,8/7,1	22/29	
<i>Грузовые автомобили малой грузоподъемности</i>				
Малый класс	9,2	8,1/7,3	12/21	500–1000/1000–2000
Малый фургон	10,3	8,4/7,8	18,24	500–1250/1000–2500
Малый общего назначения	11,0	9,0/8,1	18/26	500–1250/1250–2500
Большой пикап	12,3	10,2/9,4	17/24	750–1750/1500–2750

роса пока не разработаны. Поэтому в печати можно встретить и такие утверждения: уменьшение размеров автомобилей, образующих парк, может увеличить, уменьшить или оставить без изменения общее число смертей и телесных повреждений в авариях с участием двух автомобилей. Все зависит от соотношения автомобилей разных размеров в автомобильном парке. Именно поэтому анализ влияния на безопасность размеров и массы автомобилей заслуживает, по мнению экспертов, особого внимания. Причем провести его необходимо с учетом всей популяции автомобилей на дорогах, а также аварий, вовлекающих пешеходов и мотоциклистов.

Экспертами проведена оценка дополнительных затрат на мероприятия по повышению безопасности в случае снижения массы автомобиля в целях повышения его топливной экономичности (правда, при условии, что в любом классе перспективных автомобилей снижение массы автомобиля не превышает 10%). Они пришли к выводу: улучшенная конструкция автомобилей и более совершенная технология их изготовления позволяют компенсировать влияние массы на безопасность. Для этого, по их мнению, в требованиях по безопасности должна быть обязательность применения боковых воздушных подушек, повышающих защиту пассажиров при боковом ударе, и антиблокировочных систем тормозов.

Улучшенная конструкция АТС и новые технологии их изготовления также могут повысить защиту пассажиров при авариях.

Экспертам пришлось столкнуться с необходимостью обсуждать не совсем традиционные факторы. Например, взаимосвязь безопасности с другими социальными объективностями. Так, совсем недавно в США максимальная скорость на междугородных автомагистралях была увеличена с 55 до 65 миль/ч (с 88 до 104 км/ч), а правый поворот разрешен на красный сигнал светофора. Как и предполагалось, эти мероприятия увеличили число смертных случаев и телесных повреждений при авариях. Однако прямой связи между безопасностью и топливной экономичностью автомобилей здесь нет.

Почти такая же картина и с выбросами токсичных веществ с отработавшими газами. Дело в том, что действующие в США стандарты на допустимые выбросы (в границах на милью) одинаковы для всех легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности — вне зависимости от их топливной экономичности. То есть формальной связи между топливной экономичностью и вредными выбросами государство не предусматривает. Однако требования в отношении выбросов оно ужесточает. И здесь такая связь появляется: чтобы удовлетворить эти требования, производителям приходится идти на технологические решения, которые оказывают неблагоприятное влияние на топливную экономичность (например, устанавливать каталитические нейтрализаторы отработавших газов). А это, в свою очередь, может неблагоприятно повлиять на автомобильную промышленность в целом и даже социально-политическую обстановку в стране.

Действительно: чтобы уцелеть в конкурентной борьбе (скажем, с теми же японскими фирмами), американские фирмы вынуждены непрерывно и серьезно перестраивать производство, в результате некоторые заводы закрываются, другие идут на большие

инвестиции. Но итог всегда один — сокращение занятости, которое может весьма серьезно повлиять на экономику США. Это влияние не будет, разумеется, зависеть от правительственные мер по ужесточению будущих стандартов по топливной экономичности. Однако последние могут усугубить положение, если из-за более жестких требований возрастут цены на автомобили и снизятся объемы продаж или если стандарты будут способствовать росту продаж автомобилей, изготовленных за пределами США.

Из всего сказанного следует: существуют пределы, которые могут быть достигнуты, и мероприятия, которые могут быть выполнены. И эти пределы не должны превышать стандарты по топливной экономичности, безопасности, токсичности. Нельзя, чтобы требования стандартов, к примеру, по топливной экономичности существенно повлияли на повышение цен или заметно сказались на производственных циклах, стали тяжелым финансовым бременем для промышленности. Гораздо целесообразнее, чтобы ритм ужесточения требований совпадал с ростом развития самой промышленности. Ведь хорошо известно, что все существующие модели автомобилей и большинство двигателей и трансмиссий будут в течение 10—15 лет подвергнуты хотя бы одному серьезному изменению, а оборудование для их производства заменено. Поэтому если введение новых стандартов по тепловой экономичности будет иметь такой же ритм, то будет хотя бы снижен финансовый риск производителей, поскольку новые требования не потребуют преждевременной замены оборудования. Вот почему при разработке требований по топливной экономичности изучаются требования промышленности и ряд из них учитывается (так, федеральными органами США поддерживаются требования по повышению топливной экономичности автомобилей, согласованные с производственными планами на период до 1995 модельного года. При этом период времени до 2006 модельного года считается достаточным для внесения производителями серьезных изменений в выпускаемые автомобили и модернизации производства).

Экспертная группа учитывает также интересы и требования покупателей автомобильной техники. Хотя делать это не просто. Ведь при существующих в США довольно низких ценах на топливо покупатель проявляет ограниченный интерес к приобретению автомобилей с высокой топливной экономичностью. Более того, если выгода от экономии топлива новым автомобилем связана с ухудшением каких-то других потребительских качеств (разгонная динамика, габаритные размеры автомобиля, безопасность, вспомогательное оборудование, объем грузового помещения), то покупатель, вероятнее всего, постарается дольше использовать уже имеющийся у него автомобиль или обратится к другой фирме. Характерный пример тому — начало 80-х годов. Тогда покупательский спрос явно склонялся в пользу грузовых автомобилей малой грузоподъемности. Объяснение простое: такие автомобили имеют более высокий по сравнению с легковыми расход топлива, но их можно использовать для перевозки грузов, и пассажиров. И это перевесило. Второй пример — возрастающие требования покупателей к оснащению автомобилей вспомогательным оборудованием, хотя оно также отрицательно влияет на топливную экономичность.

Таким образом, производитель оказывается между "жерновами". Если он вкладывает средства в разработку и производство высокоеэкономичных автомобилей, то выполняет государственные требования, но не обеспечивает требования потребителей, т.е. теряет прибыль; если выпускает нужные потребителю, то наоборот, рискует подвергнуться экономическим санкциям.

Чтобы устранить это противоречие, нужна соответствующая политика улучшения топливной экономичности автомобилей — политика, учитывающая сегодняшние требования рынка. Но ее, в крайнем случае четкой, нет. В том числе и в США. Действующая там система стандартов (CAFE), требующая, чтобы средние расходы топлива соответствовали заданным нормам для производимых в стране и импортируемых автомобилей, вообще говоря, не повышают конкурентоспособность отечественных АТС. Особенно тех фирм, которые выпускают полную гамму автомобилей, включающую и автомобили большие. Ведь последним свойственны более высокие расходы топлива, чем автомобилям маленьким. Значит, производители вынуждены вкладывать средства для увеличения объема реализации именно маленьких автомобилей или в современные технологии для повышения топливной экономичности больших автомобилей. С другой стороны, производители маленьких автомобилей и так более подготовлены к требованиям стандартов. Значит, они могут выпускать автомобили с более высокой по сравнению с требованиями CAFE топливной экономичностью, что позволяет им вторгаться в рынок больших автомобилей без применения дорогостоящих технологий. Иными словами, система CAFE не обеспечивает равные технические и финансовые условия для всех производителей: для выполнения требований стандартов от производителей полной гаммы автомобилей требуется особое напряжение, в то время как производители маленьких автомобилей выполняют эти требования сравнительно легко. И этим воспользовались японские производители: они все больше завоевывают американский рынок.

Группе экспертов, о которой идет речь, избежать недостатков, присущих системе стандартов CAFE, тоже не удалось. Представленная ими для обсуждения в Конгресс системе процентного снижения расхода топлива содержит более жесткие требования к изготовителям, которые в базовом модельном году выпускают автомобили, отвечающие требованиям CAFE, чем требования к производителям, имеющим меньшие достижения по топливной экономичности в базовом модельном году или специализирующимся

на производстве больших автомобилей. То есть эксперты не ушли от метода процентного снижения расхода топлива, который нельзя считать справедливым, поскольку он предъявляет более жесткие требования к производителям, уже внедрившим эффективные технологии в базовом модельном году.

Возможны ли другие, альтернативные действующей системе CAFE варианты? Да, возможны.

Например, требования к топливной экономичности автомобилей могут базироваться на классах (размерных) автомобилей или величине полезного пассажирского объема (пассажировместимости). Преимущество такого подхода над существующей в США системой состоит в том, что создаются равные условия для всех производителей — вне зависимости от размеров выпускаемых ими автомобилей. Однако такая система, к сожалению, не может гарантировать достижения автомобильным парком заданного уровня топливной экономичности.

Второй вариант связан с политикой цен на топливо. Если же цены растут, то растут и затраты, связанные с использованием автомобиля. Чтобы их снизить, потребителю придется уменьшить пробеги автомобилей. Это немедленно повлияет на дорожное движение в целом. Но и сразу же ударит по производителям: снизится спрос. Это заставит их заняться работой по повышению топливной экономичности.

Возможен и такой вариант: тот, кто покупает автомобиль с расходом топлива ниже допустимого, получает вознаграждение, а с расходом топлива выше допустимого — платит увеличенную цену.

Как видим, применяемая в США система государственного регулирования топливной экономичности выпускаемых и импортируемых автомобилей направлена на экономию топливно-энергетических ресурсов страны. Она представляет собой установленные государственным стандартом практически достижимые уровни среднего расхода топлива выпускаемых (импортируемых) легковых и малых грузовых автомобилей по модельным (календарным) годам. За превышение заданного допустимого уровня на данный модельный год фирма-производитель автомобилей выплачивает штрафы в федеральный бюджет. Созданный из этих средств фонд используется для льготного кредитования программ технического прогресса в области создания перспективных конструкций автомобилей и технологий их производства. Эту систему, разумеется, нельзя перенести на нашу "почву" целиком. Однако многими ее аспектами при создании российской системы государственного регулирования воспользоваться можно.

КОРОТКО О РАЗНОМ

Строительство завода по вторичной переработке деталей ведут американские фирмы "Дженерал моторс", "Форд" и "Крайслер". На нем ежегодно будут подвергаться частичной утилизации 500 изношенных автомобилей. Переработке подлежат в первую очередь их пластмассовые детали (бампе-

ры, кузовные и приборные панели) и отделочные материалы.

Канадская фирма "Три-Стар индастри" разработала карету скорой помощи на шасси легкого грузовика "Шевроле". Здесь предусмотрено все для удобства перевозки больных: просторный отсек (длина 3,94 м, высота 1,77 м), универсальные носилки, система

кондиционирования воздуха, кислородный баллон и другое — современное — медицинское оборудование.

"Роллс-Ройс" испытывает серьезные финансовые трудности. Так, в 1993 г. фирма понесла убытки в размере 120 млн. фунтов стерлингов. В качестве "профилактических" мер концерн "Викерс" —



собственник этой старейшей английской фирмы — планирует к 1995 г. сократить в 2 раза число работающих и закрыть один (в Лондоне) из двух ее заводов. Если положение не улучшится, "Сильвер спирит" (см. рисунок), "Силь-

вер спур" и "Корниш" могут оказаться последними моделями "Роллс-Ройса".

Инженеры германской фирмы "Мерседес-Бенц" испытывают электронную систему, которая

способна обеспечить безопасную сэду на автомобиле. Инфракрасные датчики позволяют без вмешательства водителя поддерживать заданную дистанцию между исследуемым и впереди идущим автомобилями и автоматически увеличивать скорость движения до рекомендусмой величины, когда дорога свободна. Серийное производство таких систем предполагается начать уже через несколько лет.

Японская фирма "Тойота" планирует в ближайшие три года увеличить на 40 % закупки в США комплектующих деталей и узлов для своих автомобилей.

Французская фирма "Пежо" модернизировала семейство автомобилей серии "605" (за период с осени 1989 г. их было продано 200 тыс.). Они имеют привод на передние колеса, трехобъемный кузов; на них устанавливаются пять новых двигателей рабочими объемами 2 и 3 л.

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

Шалдыкин В.П., Яценко Н.Н., Енаев А.А. — База данных НИЦИАМТа — средство управления качеством АТС	1
Авдоныкин Ф.Н. — Коэффициент технической готовности АТС. Экономические критерии	3
КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ	
Студеникин И.И. — Отечественному автомобильстроению — 70 лет. Так оно начиналось	5
Брюханов А.М., Итбаев В.К., Карапасов С.В., Перлов С.В. — Автомобили КамАЗ. Компенсаторы выпуска отработавших газов	9
Папонов В.С., Тихомиров А.А. — Смазочная система — резерв топливной экономичности двигателя	10
Нефедьев Я.Н. — Базовая модель пневматической АБС	12
Селезнев И.В., Николаев Ю.Д. — Тепловые бортовые приборы	14
Бородянский Л.Х., Корчемный Л.В., Чапчаев А.А. — Выбор момента инерции маховика коленчатого вала быстроходного малоцилиндрового двигателя	16
АВТОТЕХОСЛУЖИВАНИЕ	
Отставнов А.А. — Диагностирование двигателей по неравномерности вращения коленчатого вала	19
Егин Н.П. — "Очки" для карбюратора	23
ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ, МАТЕРИАЛЫ	
Волков Г.М. — Холодная молекулярная сварка	23
Никиторов А.И., Макаров В.Ф. — Штамповочный центр НПМ-1	27
Русадзе Т.П., Лежава А.К., Гегчадзе А.Ч. — Стенд для имитации автомобильных дорог	29
Келин Ю.И. — Керамика в двигателях	30
ИНФОРМАЦИЯ	
На конвейере — 30 лет	33
За рубежом	
Добринский Е.С. — Автомобильные технологии России — на выставке в Индии	35
Шмидт А.Г., Токарев А.А., Сереженкин А.М. — Государ-	

ственное регулирование топливной экономичности автомобилей	36
Коротко о разном	39

Главный редактор В.П. МОРОЗОВ

Заместитель главного редактора В.Н. ФИЛИМОНОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И.В. Балабин, В.В. Барбашов, А.Я. Борзыкин, А.А. Быковский, Н.Н. Волосов, О.И. Гирицкий, В.И. Гладков, А.З. Горнев, М.А. Григорьев, Б.И. Гуров, Ю.К. Есеновский-Лашков, Р.А. Каракурин, Ю.А. Купеев, Е.Н. Любинский, А.А. Невелев, В.И. Пашков, В.Д. Полетаев, А.М. Сереженкин, Н.Т. Сорокин, В.Е. Спирин, А.И. Титков, Г.Б. Урванцев, Н.Н. Яценко

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство "Машиностроение"

Художественный редактор Т.Н. Галицина
Технический редактор И.Н. Раченкова
Корректор Л.В. Тарасова

Сдано в набор 01.09.94. Подписано в печать 03.11.94.
Формат 60x88 1/8. Бумага кн.-журн. Печать офсетная.
Усл. печ. л. 4,9. Усл. кр.-отт. 5,88. Уч.-изд. 6,6.
Тираж 1720 экз. Зак.896

Адрес редакции: 103012, Москва, К-12, Ветошный пер. 13,
4-й этаж, комн. 424 и 427 Телефоны: 928-48-62 и 298-89-18

Набрано в ордена Трудового Красного Знамени
издательстве "Машиностроение" на персональных ЭВМ
107076, г. Москва, Строгинский пер., 4.

Отпечатано в Подольской типографии
Чеховского полиграфического комбината
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25



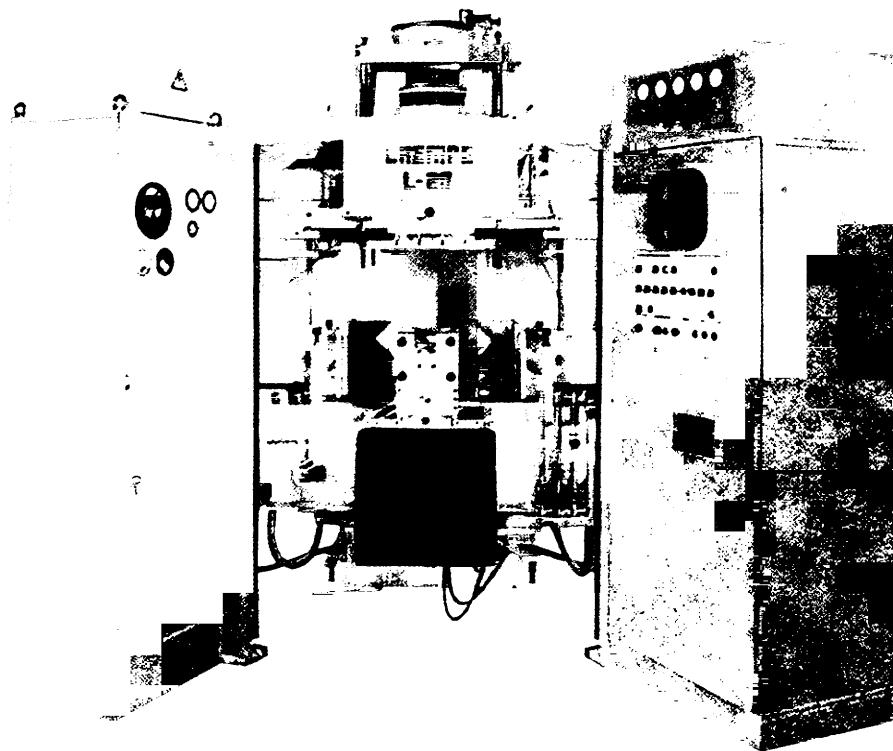
АВТОТЕК

ОФИЦИАЛЬНЫЙ ПРЕДСТАВИТЕЛЬ
Laempe. Foundry Technology

Уважаемые Господа!

Разрешите предложить Вам сотрудничество фирмы Laempe (Германия) в области оборудования и технологий для литья высшего немецкого качества.

Фирма ЛЕМПЕ является мировым лидером по производству стержневых автоматов. Среди более чем 400 фирм-покупателей оборудования ЛЕМПЕ во всем мире такие известные концерны, как "Форд", "Крупп", "Маннесман", "Тиссен", "Вольво" и другие. Например, в настоящее время фирмой ЛЕМПЕ оснащен новый литейный завод "Форд Моторс", где в автоматическом режиме работают 38 стержневых машин и осуществлена полная автоматизация производства блока цилиндров, начиная от изготовления стержней до заливки форм. *Наши технологии обеспечат Вам экспорт отливок на мировой рынок.*



Литейное оборудование и технологии:

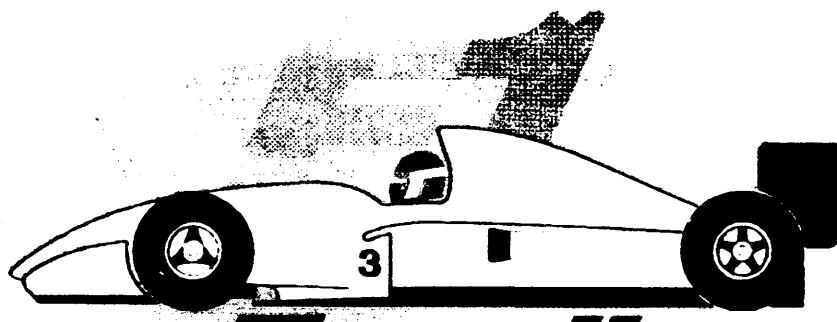
- стержневые автоматы по "холодной" и по "горячей" оснастке;
- линии и машины безопочной формовки и машины для литья "в стержнях"
- специализированные машины-автоматы для отливки блока двигателя;
- технологии Coldbox, Hotbox, Betaset, Redset, Амин-процесс, SO₂- , CO₂-процессы и др;
- газогенераторы для одно-, двух- и трехкомпонентных газов;
- смесители, устройства замены оснастки, съема стержней, очистки газов.

Наш адрес: 127562, Москва ул. Каргопольская, 18а.
АВТОТЕК Тел: (095) 9075000, 9075255; факс: (095) 9072150



состр.

**Любая Ваша идея
становится реальностью!**



Tyrrell

Autodesk

На выставке Comtek'94 демонстрировалась гоночная машина класса "Формула-1", которая была полностью спроектирована и изготовлена с помощью программных средств компании Autodesk: AutoCAD R12, AutoCAD Designer, AutoSurf, AutoVision, ManufacturingExpert.

Телефон: (095)261-63-63
Факс: (095)267-99-27