

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ



8 / 1992

а/о «Лада- спецоборудование»

РЕАЛИЗУЕТ

заинтересованным организациям и частным лицам

комплектные станции технического обслуживания легковых автомобилей, гаражное оборудование и специальный инструмент для технического обслуживания легковых автомобилей, а также запасные части к гаражному оборудованию, в том числе

- подъемники
- приборы регулировки развала-схождения колес

- маслозаправочное оборудование
- газоанализаторы CO/CH
- сварочные полуавтоматы

- антикоррозийные установки
- слесарные верстаки
- гидравлические прессы и др.



Адрес: 445043, г.Тольятти,
Самарской обл., а/я 1756.
Контактные телефоны: 39-11-70, 39-14-46
Факс 34-85-51 (8480)
Телетайп 290245 "Ока"

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

ежемесячный
научно-технический
журнал

Издается с мая 1930 года
Москва · Машиностроение

8 / 1992

УЧРЕДИТЕЛИ: А/О «Автосельхозмаш-холдинг»
Департамент автомобильной промышленности Министерства промышленности РФ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

УДК 622.75.012.2

О ГОСУДАРСТВЕННОМ РЕГУЛИРОВАНИИ ТОПЛИВНОЙ ЭКОНОМИЧНОСТИ АТС

И. А. КОРОВКИН, А. А. ТОКАРЕВ, А. Г. ШМИДТ
НАМИ

Как известно, не менее 40 % потребления моторного топлива в странах СНГ приходится на долю автомобильного транспорта. Известно и то, что количество выбросов вредных веществ с отработавшими газами находится в прямой зависимости от массы расходуемого топлива. Поэтому проблема экономии топлива автотранспортными средствами рассматривается сейчас как проблема не только чисто экономическая, но и экологическая. И огромная роль в ее решении принадлежит автомобилестроителям. Ведь наряду с такими факторами, как дорожные условия, организация движения, уровень технического обслуживания, ремонта и нормирования расхода топлива, квалификация водителя и т. п., наиболее существенное влияние на потребление топлива оказывает совершенство конструкции автотранспортных средств. Причем основные показатели этого совершенства — величина полного сопротивления движению автомобиля и доведенность рабочего процесса двигателя.

Полное сопротивление движению зависит как от ускорения разгона автомобиля (инерционные сопротивления разгону, а также вращающихся частей автомобиля и двигателя), так и от скорости его движения (аэродинамическое сопротив-

ление движению, потери на качение шин, в трансмиссии, механические потери в двигателе, т. е. потери на внутреннее трение, насосные потери во впускной и выпускной системах и затраты на привод вспомогательных агрегатов).

Степень совершенства рабочего процесса двигателя однозначно определяется индикаторным КПД и зависит от совершенства конструкций многих систем автомобиля (например, системы питания и зажигания, газораспределительный механизм и т. п.).

Основным стимулом совершенствования конструкций выпускаемых отечественных автомобилей с точки зрения их топливной экономичности в недалеком прошлом служили постановления директивных органов и соответствующие приказы отраслевого министерства, в которых декретировались задания по конкретным моделям выпускаемых и создаваемых автомобилей. Однако к настоящему времени старый механизм регулирования практически перестал действовать. Складывающийся же автомобильный рынок характеризуется острейшим дефицитом, исключительной монополизацией производства, практическим отсутствием конкуренции. Отсюда — резкое снижение заинтересованности производителей автотранспортных средств в совершенствовании выпускаемой продукции. Иными словами, реальное положение не побуждает производителя к созданию экономичных АТС и идет вразрез с государственными интересами. Нельзя не отметить и происходящее в последние годы расширение импорта в СНГ, как правило, подержанных автомобилей, не всегда совершенных по топливной экономичности, что отрицательно отражается на окружающей среде.

Какие стимулы обеспечивают непрерывное совершенствование конструкций автомобилей в промышленно развитых странах — основных производителей автомобилей? Главный стимул — значительная насыщенность рынка и, как следствие, конкурентная борьба между производителями автомобилей за рынок сбыта. Но наряду с этим действуют государственные системы экономического регулирования и понуждения к непрерывному повышению топливной экономичности выпускаемых и импортируемых автомобилей.

Например, уже более 10 лет в США существует закон о государственной политике в области использования и экономии топлива, устанавливающий на каждый модельный год допустимый в стране средний уровень расхода топлива для выпускаемых и импортируемых легковых и грузовых автомобилей малой грузоподъемности, при этом из года в год этот уровень снижается. Фактический уровень для АТС, выпускаемых каждой фирмой, федеральные органы подсчитывают по принятой методике. Он, по закону, не должен превышать установленного стандартом уровня на рассматриваемый модельный год. Если же превышение есть, применяются штрафные санкции — 5 долл. за каждые 0,1 миль/галл. (0,04 км/л) с каждого выпущенного фирмой автомобиля. Получаемые средства идут в федеральный бюджет. За время действия закона они составили ~163 млн. долл.

Поскольку фактическая средняя величина расхода топлива по фирме определяется величинами расходов топлива отдельных моделей (и модификаций) АТС и объемом их производства, то ее уменьшение может быть достигнуто или за счет совершенствования их конструкции, или уменьшением доли выпуска автомобилей с большим расходом топлива, т. е. путем перехода к выпуску автотранспортных средств меньших габаритных размеров и грузоподъемности. Таким образом, с введением рассматриваемого закона государство получило экономические рычаги воздействия

не только на совершенство конструкций автомобилей, но и на структуру их выпуска различными фирмами. Результаты такого воздействия налицо: за 1978—1985 гг. расход топлива автомобильным транспортом США снизился на 40 % в том числе благодаря совершенствованию АТС — на 20 %.

Вывод очевиден: пора и в России и других странах СНГ переходить к государственному регулированию топливной экономичности выпускаемых, разрабатываемых и импортируемых автомобилей. Причем к регулированию на основе экономических рычагов. Иного пути стимулирования создания экономически чистых автомобилей и формирования оптимальных структуры их выпуска и парка пока нет.

В таких государственных документах нужно, на наш взгляд, отразить следующие основные вопросы: оценочные показатели топливной экономичности для автомобилей различных типов; классификацию АТС по типам, используемым двигателям, трансмиссии, приводу и т. п.; методику назначения допустимых средних годовых величин расходов топлива и их изменения на перспективу; оптимальную структуру выпуска (по годам) автомобилей различных типов каждым заводом-изготовителем (фирмой); методику определения фактических средних по фирмам расходов топлива на рассматриваемый модельный год; допустимые величины фактических средних уровней расхода топлива по фирмам и модельным годам с учетом расходов топлива отдельных моделей (модификаций) и долей их выпуска; экономический механизм реализации допустимого среднего уровня расхода топлива.

Контроль за выполнением требований законодательных актов по топливной экономичности автомобилей мог бы проводить головной отраслевой институт — НАМИ совместно с НИЦИАМТом — хотя бы уже в силу того, что эти организации способны дать рекомендации по совершенствованию конструкций автомобильной техники.

УДК 621.865.8:621.791

ДЛЯ ВЫХОДА НА ПРОЕКТНУЮ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТЬ РСК

Ю. А. КАРТАВИН, Н. И. ЛОБЗИН
Нижегородский политехнический институт,
ПО «ГАЗ»

На многих ведущих автозаводах (АЗЛК, ГАЗ, ЗАЗ, ЗИЛ и др.) в стадии наладки и эксплуатации находятся импортные гибкие роботизированные сварочные комплексы (РСК) по производству кабин и кузовов автомобилей. Каждый из таких комплексов представляет собой уникальную систему, которая по уровню автоматизации, гибкости, технической оснащенности и классу систем управления не имеет аналогов в отечественном машиностроении: он включает до 15 гибких роботизированных сварочных линий и более 100 роботов для контактной точечной сварки, десятки и сотни переключателей, опускающих, подъемников, поворотных столов, кантователей, транспортных тележек, магазинов-накопителей, сборочно-сварочных, контрольно-из-

мерительных приспособлений, систем управления трех уровней и т. д. А поскольку эти комплексы в десятки раз сложнее отечественного сварочного оборудования, они требуют и нетрадиционных подходов для обеспечения проектной производительности. Дело в том, что сбои в их работе непосредственно влияют на ритмичность работы главного конвейера, поэтому к ним должны предъявляться высокие требования эксплуатационной надежности.

К сожалению, традиционная «Единая система плавно-предупредительного ремонта» в той форме, в которой она сейчас существует на автозаводах, применительно к электросварочному оборудованию не может обеспечить нормального функционирования современных средств автоматизации и роботизации сварки, так как разработана для ремонта и обслуживания универсального сварочного оборудования. В итоге простой роботизированных комплексов по техническим причинам длится порой 3—4 ч в смену, а экономический ущерб, например, для роботизированных комплексов по производству кабин ГАЗ-3307, ЗИЛ-4301 при таких простоях составляет более 6 тыс. руб. в

Функциональная группа и код входящих в нее наиболее быстронашиваемых узлов, механизмов и деталей

Код отката за	Вид отката повреждение	Код оборудования	Наименование оборудования	Код механизма, узла, детали	Функциональная группа и код входящих в нее наиболее быстронашиваемых узлов, механизмов и деталей						Система смазки 08	Система охлаждения 09		
					Механическая 01	Электрическая 02	Электронная 03	Система управления 04	Сварочный контур 05	Пневматическая 06			Гидравлическая 07	
01	Механическое повреждение	01	Перекладчик	01	Валы	Автомат	Блок управления гидробункером	Программа на контроллере 150	Сварочный трансформатор	Пневмоцилиндры	Гидронасосы, компрессоры	Насосы гидромоторов	Система смазки 08	Система охлаждения 09
02	Износ	02	Опускатель	02	Оси	Контактор	Аккумулятор	Связь между контроллерами нулевого уровня	Контрольный электрод	Пневмоклапаны	Гидроцилиндры	Регулирующая аппаратура	Фильтры отстойники	Гибкие шланги
03	Обрыв	03	Поворотное устройство	03	Пальцы	Реле	Блок питания	Программа «SY»	Токоведущий охлаждающий кабель	Пневмошланги	Гидроклапаны	Запорная арматура	Запорная арматура	Запорная регулирующая аппаратура
04	Нарушение регулировки	04	Поворотный стол	04	Шарнирная опора	Пускатель	Тристор	Программа работы	Электроподержатель	Межузловые уплотнения	Гидрошланги	Фильтры-отстойники	Фильтры-отстойники	Реле протока
05	Нарушение герметичности	05	Выдвижной стол	05	Редуктор	Трансформатор	Плата	Программа первого и второго уровня	Охлаждаемая и неохлаждаемая сварочные перемычки	Пневмоамортизаторы	Межузловые уплотнения	Трубопроводы, шланги	Контрольная аппаратура	Контрольная аппаратура
06	Загрязнение	06	Трансферт	06	Амортизатор	Выпрямитель	Фотодачик	Программа на контроллере 150 на поворотный стол	Пластинчатая бесследная сварка	Фильтры-отстойники	Фильтры-отстойники	—	Реле протока	Реле протока
07	Нарушение изоляции	07	Подъемник	07	Тормозное устройство	Двигатель переменного тока	Ультразвуковой датчик	—	Сварочные клещи	Регулирующая и запорная аппаратура	Регулирующая и запорная аппаратура	—	—	—
08	Электрокоррозия	08	Механизмовые оси	08	Шлоночное соединение	Двигатель постоянного тока	Блок управления смазкой	—	Соединения (болтовые) токоведущего кабеля и сварочной перемычки	Реле давления	Реле давления	Межузловые уплотнения	Соединительные элементы	Соединительные элементы
09	Перегрев	09	Пробивочные установки	09	Захваты	Разъемник	Блок управления гидростанцией	—	—	—	Гидроусилители	Дозаторы распределения	Уплотнения	Уплотнения
10	Ослабление крепежа	10	Завальцовочный пресс	10	Направляющие	Конечный выключатель	Бесконтактный датчик	—	—	—	Гидромортизаторы	—	—	—
11	Дефекты геометрии по высоте	11	Подвесной конвейер	11	Гибкие передачи	Вариатор	—	—	—	—	Регулятор потока	—	—	—
12	Нарушение геометрии по впадине линии	12	Конвейер	12	Кабеледержатели	—	Сварочный регулятор	—	—	—	—	—	—	—
13	Дефекты сварки	13	Конвейер «Снегам»	13	—	Дроссельный электродвигатель постоянного тока	Блок для контроля линейных перемещений	—	—	—	—	—	—	—
14	Сбой программы	14	Подъемник «Снегам»	14	—	Выключатели	—	—	—	—	—	—	—	—
15	Сбой цикла	15	Сварочный кондуктор	15	—	Сигнальная лампа	—	—	—	—	—	—	—	—
16	Прочие отказы по техническим причинам	16	Магазин	16	—	Вентилятор	—	—	—	—	—	—	—	—
17	Отсутствие детали	17	Сварочное устройство «Тюкер»	17	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
18	Отсутствие отбора	18	Робот	18	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
19	Прочие организационные простои	19	Стол приема контейнера	19	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
24	Прочие простои	24	Прочее	24	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее	Прочее

смену. И это — одна из главных причин того, что многие рассматриваемые комплексы до сих пор не достигли проектной производительности.

Как показывает зарубежный опыт, чтобы эффективно управлять такими сложными комплексами, нужны статистические методы. И в этой связи серьезного внимания заслуживает опыт ВАЗа по организации ремонта и обслуживания оборудования, в том числе и сварочного: сборочно-сварочные линии ВАЗа двадцатилетней давности до сих пор обеспечивают проектную производительность и высокое качество «черного» кузова.

В основе данного метода лежит плано-профилактическое обслуживание (ППО), или система циклового ремонта и обслуживания, на долю которого приходится 60—80 % всего объема ремонтных работ. Суть циклового ремонта состоит в разработке карты цикла ППО на каждый узел (механизм) оборудования. В карте указываются наименование цикла на данный узел и его код, технология ремонта конкретного узла (системы), оборудования, периодичность ремонта и обслуживания, трудоемкость ремонта, необходимый инструмент, материалы для выполнения ремонта и т. д. Все работы по ППО выполняются по нарядам, учитываются и контролируются заводским вычислительным центром.

Как видим, метод довольно прост, описан в литературе, хорошо известен специалистам на автомобильных заводах, однако широкого применения не нашел. Почему? Причин много. Но главная, на наш взгляд, — отсутствие обоснованных нормативов по периодичности ремонта и обслуживания различных узлов и механизмов сварочного оборудования, трудоемкости их выполнения; технологических карт ремонта по различным узлам и механизмам роботизированных сварочных линий.

Разработать нормативы можно только на основе постоянного сбора статистических данных об отказах оборудования и его узлов с последующей машинной обработкой. Однако из-за большого числа отказов на роботизированных сварочных линиях (на 15 линиях, входящих в роботизированный комплекс ГАЗа и ЗИЛа, объем отказов только за одну смену составляет 150—200) проанализировать и систематизировать месячную информацию об отказах практически невозможно: потребуется 50—100 чел.-ч. Здесь, видимо, целесообразно воспользоваться разработанными специалистами Нижегородского политехнического института и ПО «ГАЗ» методикой и программным обеспечением оценки фактической надежности роботизированных сварочных линий с учетом специфики контактной точечной сварки (опытная проверка данной методики ведется на гибком роботизированном сборочно-сварочном комплексе по производству кабин ГАЗ-3307 в цехе сборки кабин ПО «ГАЗ»).

Методика содержит обоснование критерия отказа роботизированной линии, карту простоя, рекомендации по выбору номенклатуры показателей надежности, алгоритм расчета показателей надежности и т. д. Основа методики — кодификатор (см. таблицу) отказов роботизированных сварочных линий, включающий классификацию отказов роботизированной сварочной линии по техническим и организационным причинам; перечень наиболее важных типов оборудования, условно разбитых на девять функциональных групп, в которые входят основные, с точки зрения обеспечения надежности роботизированной сварочной линии, узлы и механизмы.

Каждый закодированный отказ содержит коды отказа, поста, оборудования, функциональной группы, узла (механизма), наработку на отказ, время восстановления.

Распечатка на ЭВМ предусматривает вывод на печать численных величин наработки на отказ, среднего времени восстановления, коэффициента технического использования, коэффициента использования, а также

структуры отказов по каждому узлу (механизму), виду оборудования, функциональной группе и в целом всей роботизированной сварочной линии.

По мере накопления необходимого объема статистических данных о величинах средней наработки на отказ по ремонтируемым видам оборудования, узлам и механизмам роботизированных сварочных линий будут созданы необходимые условия для разработки объективных нормативов по периодичности их плано-профилактического обслуживания. В дальнейшем информация о наработке на отказ может быть использована для корректировки, уточнения и изменения этих нормативов. Что касается неремонтируемых узлов и элементов электронных систем, системы управления роботизированных сварочных линий, то статистические данные об их наработке позволят определить срок их службы в конкретных условиях эксплуатации и, соответственно, их расход (эта информация особенно важна для обоснованного планирования валютных средств на приобретение импортных запасных частей).

Не менее значима и величина среднего времени восстановления по узлам и механизмам роботизированных линий. Оно характеризует ремонтпригодность различных узлов и линий в целом, от уровня которой зависит численность обслуживающего персонала. Не секрет, что, несмотря на острую нехватку высококвалифицированных ремонтных рабочих, большая их часть на автозаводах закреплена за сварочными линиями в виде комплексных бригад и занимается дежурным обслуживанием. В среднем на роботизированных сварочных линиях при изготовлении, скажем, кабины ГАЗ-3307 в смену дежурят пять—семь человек, а в целом дежурное обслуживание роботизированного сборочно-сварочного комплекса осуществляют более ста квалифицированных ремонтных рабочих. Острая нехватка квалифицированного персонала ремонтников в цехе сборки кабин ГАЗа, а также их неэффективное использование в процессе дежурства на линиях привело к упразднению комплексных бригад по обслуживанию сварочных линий, а обслуживающий персонал переведен исключительно на плано-профилактическое обслуживание и ремонт.

Кстати, о квалификации. Среди множества факторов, связанных с обеспечением проектной производительности гибкими роботизированными сварочными комплексами, одним из главных является уровень подготовки обслуживающего и ремонтного персонала, а также его заинтересованность в скорейшем освоении и бесперебойной эксплуатации самой современной техники. По общему мнению специалистов ВАЗа, ГАЗа и других заводов, уровень квалификации наладчиков, электронщиков, слесарей, электриков, механиков должен быть в 2 раза выше, чем у персонала, занимающегося обслуживанием и ремонтом универсального и механизированного сварочного оборудования. Но в разделе «Сварочные работы» нового единого тарифно-квалификационного справочника даже нет упоминания о понятии «сварочный робот», «роботизированная сварочная линия», не говоря уже о гибких роботизированных сварочных комплексах по производству кабин и кузовов автомобилей. Естественно, для профессий ремонтников и наладчиков в новом справочнике максимальным остался шестой разряд, однако практика показала, что без серьезной переподготовки большинство наладчиков и ремонтников шестого разряда, занятых на универсальном сварочном оборудовании, испытывают немалые трудности при обслуживании и ремонте сварочной робототехники. В результате автозаводы, в частности ГАЗ, вынуждены вводить седьмые и восьмые разряды, а также разрабатывать соответствующие квалификационные требования для присвоения данных разрядов высококвалифицированным специалистам, занимающимся обслуживанием и ремонтом роботизированных сварочных линий.

Важное значение для обеспечения проектной производительности имеет и выявление наиболее характерных

и повторяющихся видов отказов, а также наименее надежных постов, типов оборудования, функциональных групп, узлов и механизмов роботизированных сварочных линий. Это реализуется в программе расчета путем определения структуры видов отказов, отказов оборудования, отдельных узлов и механизмов в каждой функциональной группе линии. Такая информация для удобства пользователя дается в распечатке в табличной форме, что очень важно для целенаправленной разработки мер по повышению долговечности конкретных узлов и механизмов роботизированных сварочных линий.

Естественно, для решения этой важной проблемы требуется соответствующая структура ремонтных служб, необходимая материальная база для ремонта, гибкая система материальной заинтересованности и ответственности

ремонтного и обслуживающего персонала за конечные результаты обеспечения проектной производительности. Ясно, что в целом данный проект осуществить нельзя, так как он требует немалых капитальных затрат, поэтому необходима приоритетность в его реализации. Таким приоритетным шагом, на наш взгляд, являются сбор и обработка статистических данных об эксплуатационной надежности роботизированных сварочных линий, не требующие больших затрат.

Понятно, что существующая традиционная форма организации ремонта, основанная на «Единой системе плано-предупредительных ремонтов», не только не обеспечит выполнения проектной производительности, но и приведет к преждевременному износу дорогостоящих роботизированных сборочно-сварочных комплексов по производству кабин и кузовов автомобилей.

УДК 658.512.2.011.56:629.118.6

РАЗВИТИЕ САПР «МОТОЦИКЛ»

М. Я. КОЗЛОВ, канд. техн. наук О. И. СОКОЛОВ
ВНИИмотопром

В предыдущих публикациях о САПР «Мотоцикл» («АП», 1988 г., № 4 и 10) рассматривались общие для отраслевых НИИ задачи, решаемые на этапе разработки и становления САПР. С тех пор прошло четыре года, и сейчас есть все основания рассказать об опыте не только внедрения, но и применения этой САПР во ВНИИмотопроме.

Начнем с технического оснащения. Здесь явно выявились две тенденции. С одной стороны, прогресс в производстве ЭВМ, быстрая смена их типов, а с другой — неповоротливость существующей системы распределения средств вычислительной техники. Когда наш институт начинал внедрять САПР, уже было много типов ЭВМ. Тем не менее пришлось «пройтись» по всей цепочке ЭВМ — от ЕС-1035 до импортных АРМ на базе микропроцессора «80286», последовательно осваивать СМ-4/20, СМ-1420, АРМ «Автограф». Все это требовало значительных и не всегда оправданных затрат сил и средств. Но сегодня, кажется, достигнута определенная стабильность, и происходит наращивание парка ЭВМ именно за счет персональных компьютеров.

Вторая проблема, которую приходилось решать, — программное обеспечение. ЭВМ, естественно, потребовала и замены операционных систем. Здесь тоже была целая цепочка: ОС ЕС — ОС РВ — МС ДОС. Процесс этот всегда болезненный даже для квалифицированного программиста, а тем более — для рядовых пользователей. Но выход был найден. Он — в адаптации довольно громоздких пакетов с ЕС ЭВМ на персональные компьютеры. Работа, конечно, сложная, связанная с переделкой всего ввода-вывода информации, корректировкой распределения опе-

ративной памяти и файлов на внешних устройствах. Однако она окупается тем, что в случае успеха пользователь получает возможность на новой ЭВМ работать точно так же, как и раньше.

Третья проблема — обучение конструкторов и технологов работе на ЭВМ. Институт и здесь шел, по существу, путем проб и ошибок. Еще два-три года назад пользователя учили практически одной процедуре — работе на ЕС ЭВМ в пакетном режиме, без средств графики и визуализации результатов, диалога при вводе-выводе информации. Сегодня грамотный конструктор в состоянии написать удобную макроподстановку, воспользовавшись стандартными средствами (например, в системе «Драгон» или «Автокад»), применять разнообразные устройства для представления результата (графические дисплеи, графопостроители), обходиться без программ, работая с инструментальными системами (типа «Статграф» или «Фрэмуок»).

Четвертая проблема — создание арсенала программно-технических средств, доступного широкому кругу пользователей. В настоящее время это различные турбо- и быстрые формы интегрированных систем, продуманная технология работы с большими наборами (базами) данных, экспертные системы, позволяющие сочетать детерминированные подходы и экспертную оценку.

Как видим, ВНИИмотопрому за четыре года удалось сделать так, чтобы САПР «Мотоцикл» была переведена из области разговоров в область практики. Но, думается, решена и еще одна (может быть, еще более важная) задача: сейчас все поняли, что САПР — это своего рода «механические счеты», и ее внедрение не снижает роли человеческого фактора в процессе

автоматизированного проектирования. Она, безусловно, ускоряет этот процесс, не делает ошибок при расчетах. И только. Главная же роль принадлежит конструктору или технологу. Если он умеет грамотно формализовать свои действия в процессе проектирования и технологической проработки, получится хорошая, удобная в работе автоматизированная подсистема (конечно, при условии достаточного профессионализма программиста); если не умеет, то информация на выходе будет безграмотной.

Наконец, о перспективах развития САПР «Мотоцикл». При вводе в эксплуатацию первой ее очереди институт ориентировался на максимально полный охват всех сторон проектирования. Для того периода освоения это было правильное решение: оно позволяло выявить плюсы и минусы автоматизированного проектирования, наиболее эффективные его направления. Однако теперь обстановка изменилась. Учитывая ограниченность сил, развивать все направления смысла нет. Поэтому максимум усилий сосредоточен сейчас на проработке подсистемы САПР «Двигатель».

Работа над подсистемой, с одной стороны, идет по пути развития программно-технического комплекса, рассчитанного на отработку компоновки двигателя с учетом прочностных характеристик применяемых материалов (в том числе композиционных). С другой стороны, полностью автоматизируется процесс исследования выбранной конструкции двигателя непосредственно в испытательном боксе.

Аналогичный подход используется при создании автоматизированного измерительного комплекса на базе гидропульсатора.

Замкнутый автоматизированный цикл «конструирование — изготовление — испытания», безусловно, позволит ускорить процессы создания мототехники и ее внедрения в производство, повысить качество новых разработок.

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

УДК 629.113:621.43

ДВИГАТЕЛИ ЗМЗ ВЧЕРА, СЕГОДНЯ, ЗАВТРА

Канд. техн. наук В. Б. ПИЧУГИН, д-р техн. наук М. А. ГРИГОРЬЕВ
ЗМЗ, НАМИ

Заволжский моторный завод, как известно, выпускает две основные модели автомобильных двигателей: восьмицилиндровую V-образную и четырехцилиндровую рядную. На их базе завод создал ряд моделей и модификаций, основные из которых приведены в табл. 1. Эти двигатели устанавливают на легковых и грузовых автомобилях ГАЗ, автобусах ПАЗ и РАФ, легких грузовых ЕрАЗ, многих специальных АТС и стационарных установках, выпускаемых другими предприятиями. И используют уже давно: восьмицилиндровые — с 1965 г., четырехцилиндровые — с 1971 г., т. е. с того времени, когда, разработанные на ГАЗе, они были поставлены на производство на ЗМЗ.

Как видим, базовые модели довольно старые, однако до сих пор пользуются большим спросом. Причина в одном: на заводе их постоянно совершенствуют, непрерывно повышают их потребительские свойства и технический уровень. Причем делают это довольно целенаправленно, с учетом показателя качества и развития научно-технического прогресса в мировом двигателестроении.

Работы велись и ведутся по достаточно большому числу основных направлений, первое из них — повышение топливной экономичности выпускаемых двигателей. Эти, как и работы по другим направлениям, всегда начинались с теоретических

ли, что наиболее существенным резервом повышения топливной экономичности двигателя является рабочий процесс, а если точнее, то работа двигателя на обедненной рабочей смеси: на бедных смесях термический, индикаторный и эффективный КПД выше, чем на смесях богатых и даже стохастических. Однако эксперименты выявили, что при обеднении смеси резко ухудшаются ее воспламенение и распространение фронта пламе-

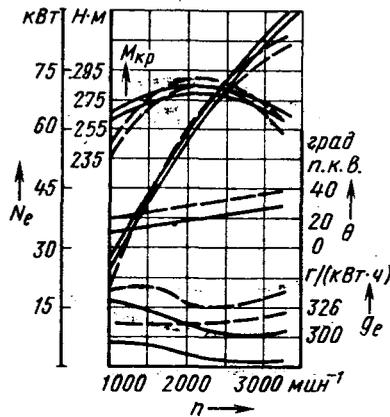


Рис. 1. Регулировочные пределы по скоростной характеристике двигателя ЗМЗ-53-11 (штриховые линии — головка блока серийная, сплошные — головка с винтовыми впускными каналами)

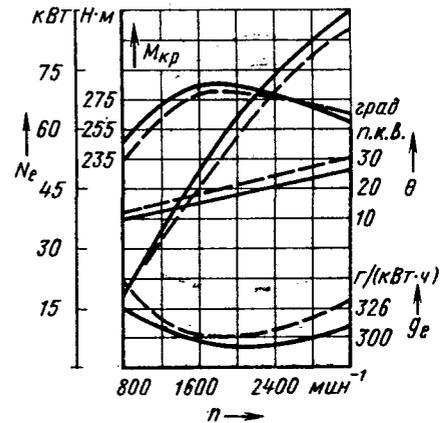


Рис. 2. Скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-53-11 (штриховые линии — камера сгорания серийная, сплошные — камера сгорания высокотурбулентная)

и экспериментальных исследований, а завершались изменением конструкции серийного двигателя или технологии его изготовления. Например, теоретические исследования показа-

ни по камере сгорания. Теория подсказывала: чтобы избавиться от обоих этих недостатков, нужно переходить на вихревое движение заряда, завихряя его, скажем, при помощи винтово-

Таблица 1

Параметр	Двигатель, год выпуска				
	ЗМЗ-53, 1964	ЗМЗ-53-11, 1984	ЗМЗ-511, 1992	ЗМЗ-24Д, 1971	ЗМЗ-402.10, 1986
Число и расположение цилиндров	8V	8V	8V	4P	4P
Рабочий объем, л	4,25	4,25	4,25	2,445	2,445
Номинальная мощность, кВт (л. с.), при частоте вращения, мин ⁻¹	84 (115) 3200	88 (120) 3200	92 (125) 3200	68 (93) 4500	73,5 (100) 4500
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м), при частоте вращения, мин ⁻¹	284,5 (29) 2200—2500	284,5 (29) 2000—2500	294 (30) 2000—2500	182 (18,6) 2400—2600	182 (18,6) 2400—2600
Минимальный удельный расход топлива по внешней скоростной характеристике, г/(кВт·ч) (г/(л. с.·ч))	323 (237)	292 (215)	285 (210)	320 (235)	285 (209)
Относительный расход масла на угар, % расхода топлива	1,2	0,4	0,35	0,6	0,4
Литровая мощность, кВт/л (л. с./л)	19,8 (26,9)	20,8 (28,3)	21,6 (29,4)	27,7 (37,6)	30,8 (41,9)
Удельная масса, кг/кВт (кг/л. с.)	3,12 (2,3)	2,97 (2,2)	2,94 (2,2)	2,57 (1,9)	2,45 (1,8)
Ресурс до первого капитального ремонта, тыс. км пробега	150	250	300	200	250

го впускного канала в камере сгорания и цилиндре во время такта впуска. Если вихрь сохранить до момента подачи искры, то он должен существенно интенсифицировать и повысить стабильность процесса сгорания и, как следствие, на 10—15 % расширить пределы эффективного обеднения топливовоздушной смеси.

Эксперименты в общем подтвердили выводы теории (рис. 1 и 2). Однако не совсем. Оказалось, что даже хорошо организованное на впуске вихревое движение не в полной мере сохраняется на такте сжатия и в процессе горения. Отсюда и меньший, чем ожидалось, выигрыш в величинах показателей

опережения зажигания пришло уменьшиться, по сравнению с двигателем ЗМЗ-53, на 8° п. к. в. В результате при большей (7,6 вместо 6,7) степени сжатия топливная экономичность двигателя повысилась (см. рис. 1 и 2) на 8—10 %. При этом минимальный удельный расход топлива снижен до 292 г/(кВт·ч), или до 215 г/(л. с.·ч).

В четырехцилиндровых двигателях вихревое движение заряда пока не внедряли. На них расход топлива удалось уменьшить на 5 % в основном за счет совершенствования системы газораспределения, приведшего к росту коэффициента наполнения, и улучшения смеси-

зультаты и в использовании сжатого природного газа в качестве антидетонационной добавки к бензину, что позволяет уменьшить дефицит моторного топлива за счет перехода на низкооктановые бензины (их, кстати, можно получать из газового конденсата), а главное — отказаться от высокооктанового тетраэтилсвинца. И еще один любопытный факт: природный газ особенно эффективен в качестве моторного топлива, если система питания двигателя способна изменять октановое число топливовоздушной смеси пропорционально нагрузке. И такая система уже есть: она разработана специалистами Киевского политехнического института, института газа АН Украины и Заволжского моторного завода. Стендовые и полигонные ее испытания свидетельствуют: при замене бензина А-76 на бензин прямогонный надежная работа двигателя обеспечивается, если в топливовоздушной смеси соотношение газа и бензина равно 109:16, т. е. расход газа составляет 12,8 % расхода бензина (рис. 3 и 4).

Тот же принцип заложен и в так называемых двухтопливных двигателях, т. е. двигателях, снабженных устройствами, смешивающими низко- и высокооктановое топливо в пропорциях, которые обеспечивают бездетонационную работу на каждом конкретном режиме работы двигателя. В этом случае в число товарных автомобильных бензинов могут быть вовлечены низкооктановые бензины, что существенно расширит ресурсы жидких моторных топлив. (Расчеты показывают, что низкооктановым бензином можно заменить 50—60 % товарного бензина на грузовых автомобилях и 55—70 % — на легковых.)

Весьма перспективным резервом повышения топливной экономичности считается, как известно, применение электронного впрыскивания топлива, а также турбонаддува. Понятно, что на ЗМЗ не только хорошо знают об этом, но и занимаются созданием соответствующих устройств. Например, уже испытаны образцы двигателей рабочим объемом 2,45 л, оборудованные системой впрыскивания топлива, разработанной совместно с ЦНИТА. Они показали: система существенно улуч-

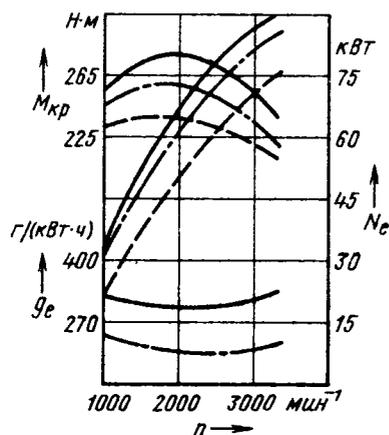


Рис. 3. Скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-53-11 при работе на бензине (сплошные линии), газе (штриховые линии), бензогоазовой смеси (штрихпунктирные линии)

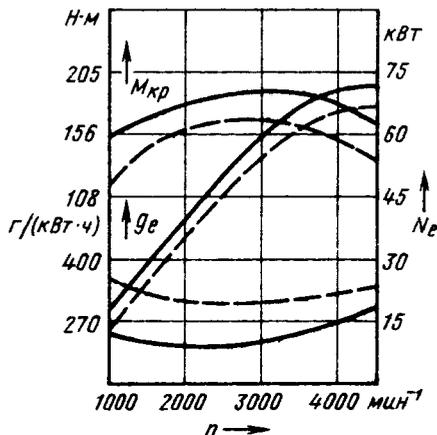


Рис. 4. Скоростная характеристика двигателя ЗМЗ-24-01 при работе на бензине (штриховые линии) и на водометаноловой смеси (сплошные линии)

двигателя. В результате пришлось переделывать и камеру сгорания. Во-первых, уменьшать ее, т. е. повышать ее степень сжатия, и, во-вторых, изменить ее форму так, чтобы она продолжала раскручивать вихрь, созданный во впускном патрубке, тем самым сохраняя его на такте сжатия и во время сгорания смеси, предотвращая детонацию, которая могла бы возникнуть из-за увеличения степени сжатия.

Измененный рабочий процесс потребовал, естественно, и установки нового карбюратора, с более «бедными» регулировками топливοδοзирующих систем, а также некоторого изменения угла опережения зажигания. На восьмицилиндровом двигателе ЗМЗ-53-11 таким карбюратором стал К-1351; угол же

образования при помощи нового карбюратора К-151.

Второй резерв повышения топливной экономичности двигателей — перевод их на газообразное топливо. Итог работы ЗМЗ по этому варианту — создание трех модификаций газовых двигателей, две из которых (ЗМЗ-53-277, предназначенная для грузовых автомобилей ГАЗ и работающая на сжатом природном газе, а также ЗМЗ-4027.10 для легковых автомобилей ГАЗ-такси и микроавтобусов РАФ, работающая на сжиженном пропан-бутане) уже выпускаются серийно, а для третьей (тоже пропан-бутановой), которую планируется устанавливать на автобусы ПАЗ и КАВЗ, заканчивается подготовка производства.

Достигнуты определенные ре-

шает не только топливную экономичность, но и другие показатели двигателя: его мощность возрастает с 70 до 80 кВт (с 95 до 108 л. с.), минимальный удельный расход топлива, наоборот, уменьшается на 7,4 % (с 300 до 278 г/(кВт·ч), или с 221 до 204 г/(л. с.·ч). Соответственно падают эксплуатационные расходы топлива автомобилей (скажем, автобусов РАФ — на 5—8 %).

Так что ЗМЗ готов оборудовать свои двигатели такими системами, но, к сожалению, они пока еще очень сложны, ненадежны и дороги. Поэтому внедрять их планируется только на двигателе, предназначенном для перспективных легковых автомобилей ГАЗ и автобусов РАФ. Да и то лишь временно, до создания комплексной многофункциональной микропроцессорной системы управления впрыскиванием и зажиганием, имеющей обратные связи по датчикам детонации и кислорода.

Второе направление совершенствования дизелей ЗМЗ — разработки и внедрения способов и средств, способствующих снижению расхода масла (особенно на угар). Дело в том, что все двигатели ЗМЗ имеют «склонность» к повышенному расходу масла. Этот недостаток, так сказать, продолжение достоинств. В частности, того, что двигатели ЗМЗ — с гильзованным алюминиевым блоком, имеющим открытую верхнюю часть. Блок хорош со всех точек зрения, кроме одной: он способствует деформации гильз цилиндров, способствуя тем самым утечкам масла через соединения при нагреве.

Наиболее эффективное решение, устраняющее этот недостаток, — применяемые с недавних пор стальные сборные масло-съемные поршневые кольца: благодаря им расход масла уменьшен в 2 раза. Снижению расхода масла способствуют также новые нижние компрессионные кольца со «скребком».

Обе названные меры привели к тому, что уже в 1980 г. расход масла двигателями ЗМЗ не превышал 0,6 % расхода топлива. В дальнейшем удалось снизить расход масла и через направляющие втулки клапанов, уплотнив штоки манжетами.

Принимались и другие меры. Так, на четырехцилиндровых двигателях увеличили жесткость блока, дополнительно оребрив его, а также начав отливать некоторые блоки цилиндров в кокиль и применять верхнюю заделку гильзы. Да и сами гильзы стали иными — более жесткими, без нирезистой вставки. Кроме того, реализован ряд решений конструктивно-технологического и производственного характера, оптимизировавших зазоры в сопряжениях и повысивших качество изготовления деталей цилиндропоршневой группы, а также точности подбора поршней и гильз цилиндров.

Итог известен: сейчас расход масла двигателями ЗМЗ не превышает 0,4 % расхода топлива.

Третье направление совершенствования двигателей ЗМЗ — снижение токсичности отработавших газов. И надо сказать, завод занимается им уже давно. Правда, с неодинаковым размахом. Например, сначала проблема токсичности решалась как бы сама собой: улучшали топливную экономичность двигателей и тем самым уменьшали количество вредных выбросов с отработавшими газами. Однако по мере ужесточения нормативов на выбросы этого оказалось недостаточно, тем более что при увеличении степени сжатия, например, уменьшение выброса оксида углерода и углеводородов сопровождалось ростом выброса оксидов азота. Поэтому пришлось выработать систему подходов к решению проблемы токсичности. Ее суть: мероприятия по снижению выброса токсичных веществ, во-первых, не должны приводить к существенному ухудшению топливной экономичности двигателей; во-вторых, они должны способствовать снижению не только суммарного выброса, но прежде всего — наиболее вредных веществ; в-третьих, они должны быть технологичны и надежны в эксплуатации.

Система себя оправдывает: в настоящее время все двигатели ЗМЗ по показателям токсичности соответствуют действующим отраслевым нормативам. Так, на двигателях легковых автомобилей с повышенной степенью сжатия внедрено устройство рециркуляции отработав-

ших газов, что позволило снизить выброс оксида углерода на 40, суммарный выброс углеводородов и оксидов азота — на 30 %. (Правда, платой за это стало увеличение расхода топлива на 2 %.) В частности, двигатель ЗМЗ-4022.10 с форкамерно-факельным зажиганием по выбросу оксида углерода и суммарному выбросу углеводородов и оксидов азота теперь соответствует даже перспективным нормам для автомобилей без нейтрализатора. Причем требование к выбросам оксидов азота (3,5 г/исп.) выполнено полностью при обеднении смеси (до $\alpha=1,3-1,4$), однако обеспечить выброс углеводородов не более 3,5 г/исп. без применения нейтрализатора оказалось невозможным (но не дорогого тройного действия, а более дешевого — окислительного).

На восьмицилиндровых двигателях для грузовых автомобилей внедрены головки цилиндров с винтовыми каналами, что позволило обеднить топливовоздушную смесь с $\alpha=1,0$ до $\alpha=1,05-1,1$ и уменьшить тем самым выбросы оксида углерода почти в 2 раза. Теперь двигатели по этому показателю соответствуют как действующим, так и перспективным нормам.

Но работы продолжаются. Так, чтобы обеспечить требования перспективных норм по выбросу оксида углерода, сужены допуски на разброс топливорасходных характеристик карбюратора К-151; разработаны модификации этого карбюратора, оборудованные пневмоприводом вторичной камеры и автоматами пуска и прогрева. С целью снижения суммарного выброса углеводородов и оксидов азота в 1,5 раза сужены допуски на вакуумный и центробежный автоматы распределителя зажигания. В перспективе — микропроцессорная система управления зажиганием: ее приемочные испытания на автомобиле ГАЗ-24-11 с двигателем 4021.10 показали, что благодаря ей суммарный выброс уменьшается на 16 %.

На четырехцилиндровых двигателях с повышенной степенью сжатия (рассчитанных на бензин АИ-93) для обеспечения норм по суммарному выбросу углеводородов и оксидов азота

в варианте с серийной бесконтактной системой зажигания придется увеличить объем рециркуляции отработавших газов, однако это ухудшит экономичность на 1—2%. Если же применить микропроцессорную систему управления зажиганием, то соответствие норме по ним можно получить без изменений в системе рециркуляции.

На двигателях грузовых автомобилей для обеспечения соответствия по суммарному выбросу углеводородов и оксидов азота тоже нужна система рециркуляции отработавших газов, поэтому завод сейчас занят выбором оптимальной конструкции этой системы — так, чтобы экономичность двигателей сохранилась на уровне варианта без системы рециркуляции, а суммарный выброс уменьшился не менее чем на 30%.

На новых моделях двигателей завод будет устанавливать системы впрыскивания топлива, что уменьшит выброс всех токсичных веществ: оксидов углерода — до 30%, суммарного выброса углеводородов и оксида азота — до 20%.

Снижение токсичности в значительной степени достигается также повышением надежности работы двигателей в эксплуатации, в частности, за счет резкого уменьшения эксплуатационного расхода масла на угар, обеспечения исправной работы систем питания и зажигания на всем ресурсе двигателей.

Третье направление — повышение мощности выпускаемых двигателей. Так, за счет применения новых впускного трубопровода, распределительного вала, головок цилиндров с винтовыми каналами с повышенной степенью сжатия и карбюратора мощность восьмицилиндровых двигателей уже увеличена с 80 до 88 кВт (со 108 до 120 л. с.); мощность четырехцилиндровых — за счет сдвоенной системы выпуска отработавших газов, распределительного вала с увеличенным подъемом кулачка, впускного клапана с измененной формой тарелки, карбюратора К-151, сдвоенных клапанных пружин с наружной пружиной с переменным шагом — на 10%. Еще больший рост мощности ожидается в перспективе благодаря турбулизации заряда и оптимизации системы впуска, а также применению электронного впрыскивания топлива и турбонаддува. В частности, исследования, выполненные ЗМЗ, НАМИ и МАМИ, свидетельствуют: при степени наддува, равной 1,25, мощность четырехцилиндровых двигателей возрастает на 12%, а максимальный крутящий момент — на 35%.

Четвертое направление совершенствования двигателей ЗМЗ — повышение их надежности, особенно ресурса до капитального ремонта. Причем, надо отметить, реализуемое не просто, поскольку даже пер-

воначальный ресурс двигателей ЗМЗ был достаточно высоким (для восьмицилиндровых — 120 тыс. км пробега, для четырехцилиндровых — 150 тыс.). Тем не менее ЗМЗ постоянно его наращивает. Например, к 1975 г. для обеих моделей он составил уже 200 тыс. км, а в настоящее время доведен до 250 тыс. км пробега.

Мероприятий, способствующих такому росту ресурса, проведено много. Так, на восьмицилиндровых двигателях вместо частичнопоточной центрифуги применена полнопоточная система очистки масла с бумажным фильтрующим элементом, в результате чего скорость изнашивания шеек и вкладышей коленчатого вала стала меньше в 2—4 раза, хотя пробег автомобиля до замены в двигателе масла М-8В и фильтрующего элемента увеличен с 7,5 до 14 тыс. км, т. е. почти вдвое. Масляный насос теперь — новый односекционный, но большей подачи и с меньшими потерями на всасывание и аэрацией масла. На четырехцилиндровых двигателях устанавливается насос повышенной подачи. Изменены параметры противовесов коленчатого вала, что полностью устранило случаи его поломок. Блок цилиндров, литой под давлением, выполнен с дополнительными ребрами жесткости и усиленными коренными опорами. Для части двигателей применен кокильный блок с

Таблица 2

Параметр	Двигатель						
	406.10	4061.10	4069.10	522.10	523.10	524.10	525.10
Число и расположение цилиндров	4P	4P	4P	8V	8V	8V	8V
Рабочий объем, л	2,3	2,3	2,3	4,25	4,67	5,03	5,53
Хор поршня/диаметр цилиндра, мм	86/92	86/92	86/92	80/92	88/92	80/100	88/100
Номинальная мощность, кВт (л. с.), при частоте вращения, мин ⁻¹	$\frac{114(155)}{5200}$	$\frac{80(109)}{5200}$	$\frac{66(90)}{4000}$	$\frac{92(116)}{3200}$	$\frac{96(130)}{2880-3200}$	$\frac{99(134)}{3200}$	$\frac{103(140)}{3200}$
Максимальный крутящий момент, Н·м (кгс·м), при частоте вращения, мин ⁻¹	$\frac{211(21,5)}{4000}$	$\frac{186(19)}{2500}$	$\frac{186(19)}{2500}$	$\frac{294(30)}{2000-2500}$	$\frac{314(32)}{2000-2500}$	$\frac{330(33,7)}{2000-2500}$	$\frac{353(36)}{2000-2500}$
Минимальный удельный расход топлива по внешней скоростной характеристике, г/(кВт·ч) (г/(л. с.·ч))	245(180)	272(200)	—	279(205)	279(205)	279(205)	279(205)
Относительный расход масла на угар, % расхода топлива	0,3	0,3	0,3	0,35	0,35	0,35	0,35
Литровая мощность, кВт/л (л. с./л)	49,6(67,4)	34,8(47,8)	28,7(39)	21,6(29,4)	20,6(27,8)	19,7(26,8)	18,6(25,3)
Удельная масса, кг/кВт (кг/л. с.)	1,4(1,03)	2,1(1,54)	2,73(2,0)		2,73—2,76 (2,01—2,03)		
Ресурс до первого капитального ремонта, тыс. км пробега	200	300	350	350	350	280	200
Система управления	Комплексная микропроцессорная	Карбюратор плюс электронное зажигание		Карбюратор плюс электронное зажигание			

верхней заделкой гильзы, что уменьшило коробление гильзы при затяжке головки во время сборки.

Существенной модернизации подвергались детали цилиндропоршневой группы. Применявшаяся ранее гильза цилиндра из серого чугуна с запрессованной в верхнюю часть вставкой из нирезиста была склонна к короблению, имела низкую ремонтпригодность и технологичность. Теперь же используется монолитная гильза, которая изготавливается из хромофосфоробористого чугуна, обладающего высокими антиизносными свойствами.

Поршни теперь — с термовставкой и овально-бочкообразным профилем юбки; верхние компрессионные кольца с бочкообразным профилем — из высокопрочного чугуна.

Кроме того, на четырехцилиндровых двигателях внедрены: чугунный распределительный вал с отбелом кулачков, снизивший износ кулачков на порядок; гаситель крутильных колебаний новой конструкции; двойные пружины и термообработанные сухари клапанов; усиленные клапаны и дополнительные стойки оси коромысел; более эффективная система охлаждения с подачей охлаждающей жидкости в блок; свечи зажигания с удлиненной резьбовой частью и увеличен-

ным диаметром бокового электрода.

Многое делается для дальнейшего повышения надежности деталей двигателей. Например, отработана технология закалки ТВЧ коленчатого вала; расширяется производство кокильного блока с верхней заделкой гильзы для четырехцилиндровых двигателей, для восьмицилиндровых — начало такого производства намечено на ближайшее будущее, усиливаются коренные опоры (ликвидацией паза в блоках крышки коренных подшипников коленчатого вала) и задняя часть блока восьмицилиндровых двигателей. Предполагается перевод блоков цилиндров всех двигателей на новый, разработанный на ЗМЗ, алюминиевый сплав, у которого, по сравнению со сплавом АЛ-4, увеличены твердость и прочность, а также способность сохранять геометрические параметры изделий при механической обработке.

Отрабатывается технология отбела кулачков чугунных распределительных валов, изготовления клапанов сварной конструкции.

Для существенного снижения массы и повышения надежности поршневой группы прорабатываются конструкции шатуна и поршневого пальца из композиционного материала, армиро-

ванного высокопрочными волокнами.

Повышению надежности двигателей в существенной мере способствует разработанная и отлаженная система обратной информации, поставляемая опорными автохозяйствами, где эксплуатируются свыше 2000 подконтрольных автомобилей и двигателей. Поступающая информация по надежности двигателей в оперативном порядке обрабатывается при помощи ЭВМ и служит важным средством планирования повышения надежности двигателей.

Таким образом, практически все показатели технического уровня двигателей ЗМЗ претерпели серьезные изменения. В итоге заметно (по четырехцилиндровым — на 16,7, по восьмицилиндровым — на 17,1 %) увеличен комплексный показатель их технико-экономической эффективности.

Но лучшее — враг хорошего. Несмотря на то, что модернизированные двигатели ЗМЗ-53-11, ЗМЗ-66-06, ЗМЗ-672-11, ЗМЗ-4021.10, ЗМЗ-402.10, ЗМЗ-4022.10 и ЗМЗ-4027.10 вполне удовлетворяют запросы потребителя, завод не забывает и о перспективе. Доказательство того — показатели (табл. 2) разработанных им новых двигателей для перспективных автомобилей ГАЗ, а также автобусов ПАЗ и РАФ.

ЭКОЛОГИЯ АТС. ПРОБЛЕМЫ И РЕШЕНИЯ

УДК 621.43.068.4

Резервы снижения токсичности автотранспортных средств

Кандидаты техн. наук Е. В. ШАТРОВ, А. З. ГАРБЕР,
В. В. ТАБОЛИН
НАМИ, АО «АСМ-холдинг»

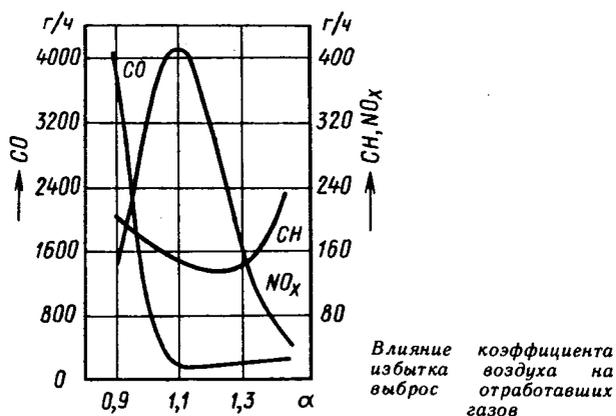
Автотранспорт вносит в атмосферу наших городов, особенно городов с интенсивным автомобильным движением, до 60 % вредных веществ. Причем значительная часть выбросов обусловлена недостаточным техническим состоянием транспортных средств, в первую очередь их двигателей, отсутствием на них антитоксичных устройств, а также присущими нефтяному жидкому

Об экологии, «вкладе» автомобильного транспорта в нее и путях уменьшения загрязнения атмосферы наших городов немало говорилось на страницах нашего журнала даже в текущем году (см., например, № 2 и 4 за 1992 г.). Но тема эта просто неисчерпаема и настолько тревожна, что редакция, как и обещала, продолжает возвращаться к ней. Пример тому — публикуемые ниже статьи.

топливу свойствами. Влияют на количество выбросов качество дорог, организация движения автомобилей по улицам городов. То есть проблема загрязнения атмосферы городов — проблема комплексная, и решать ее должны не только изготовители автомобильной техники, но и эксплуатирующие организации, ГАИ, дорожники, производители топлива, природоохранные органы, законодатели. Но надо прямо сказать, что наибольшую активность при решении данной проблемы пока проявляет лишь автомобильная промышленность. Именно она, начиная с 1970-х годов, ведет работы, направленные на охрану окружающей среды, и добилась здесь довольно впечатляющих результатов.

Так, по ее инициативе были введены стандарты, количественно ограничивающие уровни допустимых выбросов с отработавшими газами, что заставило заводы серьезно заняться конструктивным совершенствованием АТС. Итог известен: выброс оксида углерода при работе двигателя на холостом ходу к 1980 г. был снижен, по сравнению с уровнем 1971 г., в 3 раза, а по ездовому циклу, имитирующему типичные городские условия движения, — в среднем в 1,5 раза. Если говорить более конкретно, то произошло это за счет повышения качества изготовления узлов и деталей систем питания и зажигания, сужения поля допусков на регулировку карбюраторов, введения ограничителей на поворот винтов регулирования качества и количества смеси, а также внедрения на карбюраторах всех типов легковых автомобилей автономной системы холостого хода и экономайзеров принудительного холостого хода. Тому же способствовало и введение на заводах отрасли 100 %-го контроля готовой продукции по параметрам токсичности.

В 1980-х годах был сделан еще один шаг: завершились работы по совершенствованию рабочих процессов двигателей с искровым зажиганием для грузовых и легковых автомобилей и их распространение на всю программу выпуска грузовых автомобилей ЗИЛ, ГАЗ, автобусов ПАЗ, легковых автомобилей АЗЛК, что позволило, наряду с уменьшением расхода топлива на 5—8 %, снизить на 25 % выброс токсичных веществ всеми перечисленными АТС и с конца 1980-х годов перейти на новые (1985 г.) нормативные документы по токсич-



ности. Согласно им выбросы вредных веществ легковыми автомобилями, поставленными на производство с 1987 г., должны быть меньше, чем допустимые в 1980 г.

Но и это не предел: уже в 1991 г. произошло очередное изменение норм на выброс вредных веществ. Новые нормы, по сравнению с нормами 1985 г., по оксиду углерода ужесточены в 2 раза и в 2,5 раза — по суммарному выбросу углеводородов и оксидов азота. Чтобы их обеспечить, потребовалось разработать и начать производство эффективных антиоксидных устройств, в том числе окислительных и компонентных систем нейтрализации отработавших газов, конструкция которых зависит от рабочего объема двигателя.

Второй, хотя и более сложный, путь решения данной проблемы — создание двигателей с малотоксичными рабочими процессами (например, работающих на переобедненных до $\alpha=1,4$ составах рабочей смеси и оборудованных микропроцессорными системами управления подачей топлива и зажиганием). Перспективность пути подтверждает рисунок, на котором приведены содержание вредных веществ в отработавших газах в зависимости от коэффициента избытка воздуха.

Из него видно, что реализация такого процесса в двигателях уже при $\alpha=1,1$ сводит к минимуму выброс оксида углерода, а при дальнейшем увеличении этого коэффициента практически не изменяет его. Минимум углеводородов приходится на $\alpha=1,25$. Хуже с выброса-

ми оксидов углерода: на $\alpha=1,1$ приходится их максимум, однако при увеличении коэффициента избытка воздуха их количество падает очень резко.

Подводя итог сказанному, можно констатировать, что установка антиоксидных устройств на автомобили, особенно устройств трехкомпонентных, позволит уменьшить выброс вредных веществ на 70—90 %; создание

Таблица 1

Топливо	Выбросы вредных веществ при испытании по циклу ОСТ, г/исп.		
	оксид углерода	углеводороды	оксиды азота
Бензин АИ-93	42	8,5	9,1
Сжиженный нефтяной газ	19	4,8	8,7
Сжатый природный газ	8,5	4,5	8,5
Метанол	28	4,6	4,4
Метанол+бензин	32	5,4	7,6
Водород	—	—	2,5
Водород+бензин	3,0	2,8	4,55

же двигателей, работающих на $\alpha=1,4$, даст даже без дополнительных антиоксидных устройств 60 %. Но, повторяем, разработка новых конструкций двигателей и новых рабочих процессов, хотя и является одной из серьезных альтернатив антиоксидным устройствам, однако требует больших материальных затрат и времени. Да и эффект от внедрения новых рабочих процессов будет, как видим, в 2 раза меньше, чем от внедрения антиоксидных устройств.

Надо сказать, что ни то ни другое проблему снижения токсичности отработавших газов не решает полностью, особенно на перспективу, а лишь смягчает. В этом смысле более перспективны энергоносители нефтяного происхождения, т. е. так называемые альтернативные топлива (горючие газы, спирты, водород, биогаз, аммиак и др.). Так, переход на метанол, как показали исследования созданных в НАМИ образцов двигателей, снижает токсичность последних вдвое. Даже при работе на смеси, состоящей из 85 % бензина и 15 % метанола, она уменьшается в 1,3 раза.

К сказанному следует добавить и то, что метанол — основа для производства бессвинцовой антидетонационной, т. е. экологически чистой добавки к бензинам.

Большой экономический эффект дают газообразные топлива (сжиженный нефтяной и сжатый природный газы). Например, результаты многочисленных испытаний, проведенных в НАМИ на легковых, грузовых автомобилях и автобусах, свидетельствуют: сжиженный нефтяной газ резко снижает вредные выбросы (по оксиду углерода — в 2, по углеводородам — в 1,3—1,9 и по оксидам азота — в 1,2 раза). Еще более эффективен сжатый природный газ: по оксиду углерода — в 4—6, по углеводородам — в 1,3—1,9 и по оксидам азота — в 1,3 раза.

Однако наибольшую экологическую выгоду можно получить от бензоводородных смесей и чистого водорода. Так, эксплуатация первой промышленной партии автобусов РАФ, работающих на смесях водорода и бензина, показала: выбросы оксида углерода снизились по сравнению с бензиновым аналогом в 15 раз, углеводородов — в 3, оксидов азота — в 2 раза. При работе же на чистом водороде выбросы оксидов углерода в отработавших газах сводятся к нулю, из углеводородов остаются лишь те, что связаны со сгоранием проникающего в камеру сгорания масла, а оксидов азота становится в 4 раза меньше, чем при работе двигателя на бензине.

Такова общая характеристика токсичности отработавших газов при переходе от традиционных топлив к альтернативным. Более конкретно иллюстрирует этот переход табл. 1, относящаяся к работе автомобиля ГАЗ-24 на различных видах топлива.

Техническая сторона экологичности АТС, таким образом, в значительной мере решена. Но, повторяем, проблема повышения экологической безопасности автотранспорта — комплексная. Поэтому усилия отрасли по созданию малотоксичной автомобильной техники окажутся в конечном счете безрезультатными, если не будут выдержаны условия поддержания автомобилей в технически исправном состоянии, оптимизирована система управления уличным движением, улучшено состояние дорожного покрытия, повышено приборное и аппаратурное оснащение органов ГАИ, созда-

жительность этих режимов больше всего определяется именно совершенством организации движения транспортного потока и качеством дорог. Какова картина здесь, показывает табл. 3 (составлена для легковых автомобилей). В то же время расчеты подтверждают: повышение средних скоростей движения на улицах города, организация безостановочного движения снижении времени работы транспорта на режимах холостого хода, разгона, замедления могут снизить токсичность отработавших газов автотранспорта на 30—40 %.

Таблица 2

Загрязняющие вещества	Фактические выбросы, тыс. т/год				Выбросы в случае, если бы все АТС были технически исправными			
	Легковой транспорт	Грузовой транспорт	Автобусы	Всего	Легковой транспорт	Грузовой транспорт	Автобусы	Всего
Оксид углерода	390,9	356,0	75,4	822,3	188,2	157,8	33,7	379,7
Углеводороды	46,0	78,3	17,3	141,6	21,9	34,8	7,7	64,4
Оксиды азота	24,0	20,5	6,3	50,8	27,1	24,3	6,1	58,5
Сажа	—	1,6	0,9	2,5	—	0,7	0,4	1,1
Общий выброс	460,9	456,4	99,9	1014,9	237,2	217,6	47,9	503,7

ны механизмы материальной заинтересованности всех звеньев, участвующих в решении вопросов экологии, начиная от выпуска автотехники и кончая ее списанием.

Так, если на двигателе не работает только одна свеча зажигания, то выброс углеводородов возрастает в 6—8 раз; нарушение регулировок топливозоизирующих систем карбюратора повышает выброс продуктов неполного сгорания топлива с отработавшими газами в среднем в 2—2,5 раза; несоблюдение заданных зазоров между электродами свечей, контактами распределителя зажигания — в 1,5—2 раза. Повышенный износ деталей цилиндропоршневой группы двигателя, механизма газораспределения, нарушение работы системы вентиляции картера, несоответствие величины степени сжатия октановому числу применяемого топлива увеличивают их токсичность на 50—80 % и т. д. и т. п. Проверки технического состояния автотранспортных средств, проведенные совместно с ГАИ, Госкомпри-

Подводя итог всему сказанному, можно сделать несколько выводов. Первый: оснащение автомобилей антитоксичными, окислительными и трехкомпонентными устройствами следует, по нашему мнению, считать в настоящее время наиболее доступным и наименее дорогостоящим средством повышения экологической чистоты АТС (правда, лишь при условии, что будет налажен массовый выпуск топлив без антидетонационных присадок либо присадок не на основе тетраэтилсвинца). Путь этот многообещающ, так как позволяет снизить вредные выбросы (в 8—10 раз).

Второй вывод — необходимость совершенствования рабочих процессов ДВС, их систем подачи топлива и зажигания. Применение новых материалов — путь более сложный и менее эффективный — позволит уменьшить выброс вредных веществ всего на 15—20 %, но отказываться от него нельзя, потому что он решает многие другие проблемы, в том числе и такой важнейшей, как экономия топлива.

Таблица 3

Режим движения	В Москве, %		В Киеве, %		В Минске, %	
	по времени	по величине выбросов	по времени	по величине выбросов	по времени	по величине выбросов
Установившийся	12	8	17	13	19	21
Холостой ход	22	12	16	9	28	15
Разгон	37	18	30	45	29	36
Принудительный холостой ход	29	32	37	36	24	28

родой, Госстандартом и другими организациями, показывают (табл. 2): от 40 до 60 % АТС не укладываются в нормы стандартов, поэтому фактические выбросы вредных веществ вдвое превышают нормативные.

Очень велики резервы оздоровления атмосферного воздуха, особенно в городах, дорожного движения и дорожных покрытий. Например, известно, что наиболее благоприятен, т. е. менее «токсичен» для автомобилей режим установившегося движения. В то же время снижение средней скорости транспортного потока, например, с 60 до 20 км/ч, повышает выброс оксида углерода более чем в 3 раза, углеводородов — в 2 раза. Увеличение продолжительности работы двигателя на холостом ходу и на режиме ускорения также приводит к повышению суммарных выбросов вредных веществ в 1,5—2 раза. В реальной же эксплуатации продол-

Наконец, третий. Самым эффективным, особенно с точки зрения перспективы, следует считать применение альтернативных моторных топлив: именно они позволяют снизить содержание вредных компонентов отработавших газов в десятки раз. Но здесь, как ни в одном из других перечисленных выше случаев, проявляется комплексность проблемы экологии АТС. Прежде всего нужны сами альтернативные топлива, причем в массовых количествах. Нужны также средства их хранения, заправки и т. д. Все это задачи, которые автомобилестроительной отрасли, естественно, самой не решить.

Как видим, в создании и внедрении малотоксичной автомобильной техники проблем много, и работать над ними придется. Иного пути просто нет, если мы не хотим остаться на задворках цивилизации.

Оксиды азота — основная забота разработчиков АТС

Канд. техн. наук А. П. ГУСАРОВ
НИЦИАМТ

В октябре 1988 г. в Софии в рамках ООН был подписан «Протокол об ограничении выбросов оксидов азота или их трансграничных потоков» к «Конвенции 1979 г. о трансграничном загрязнении воздуха на большие расстояния», который стал отправной точкой для резкого ужесточения требований к источникам выброса оксидов азота, в том числе к автотранспортным средствам. Основные цели, сформулированные в нем: поэтапное снижение уровня выбросов оксидов азота всеми источниками и, в качестве первого этапа, возврат в 1994 г. к уровню 1987 г.; обмен технологиями снижения выбросов; разработка и ввод в действие соответствующих национальных и международных стандартов, учитывающих самые современные из таких технологий.

Кроме этих, на первый взгляд, декларативных пунктов «Протокол» предусматривает применение странами, его подписавшими, начиная с 1991 г., неэтилированных бензинов (как минимум, для международной циркуляции АТС с каталитическими нейтрализаторами).

Такова предыстория. Посмотрим, каково состояние дел на сегодня. В частности, в нашей стране.

Здесь на автотранспорт, в силу относительно малочисленного (по сравнению с ведущими странами мира) парка, только в конце 1980-х годов приходилось 40 % общих выбросов оксидов азота, тогда как в некоторых странах эта цифра превышает 80 %. Однако динамика роста этой доли в общем выбросе не оставляет места для успокоительных иллюзий (табл. 1): выбросы оксидов азота автомобильным парком страны за последние 20 лет возросли многократно (почти в 9

раз), хотя сам парк увеличился лишь в 3,5 раза. Значит, за эти годы выброс оксидов азота одним среднестатистическим автомобилем повысился в 2,5 раза. Такова цена снижения в 3 раза выброса оксида углерода, ставившегося во главу угла всех отечественных (впрочем, как и международных) стандартов по токсичности АТС. И если учесть, что оксиды азота в 75 раз токсичнее оксида углерода, то оказывается: суммарная токсичность выбросов автотранспортных средств за 20 лет увеличилась в 1,8 раза.

Возьмем новые автомобили: хотя их отработавшие газы за 20 лет и стали «беднее» оксидом углерода в 6—8 раз, суммарная токсичность уменьшилась лишь на 20—30 %. Именно из-за того, что выброс оксидов азота снизился незначительно и доля его в суммарной токсичности автомобилей с бензиновыми двигателями достигает (без учета свинца) 90 %, а автомобилей с дизелями — 99.

Далее. Из табл. 1 следует: грузовые автомобили, которых в общем парке меньше четверти (22,9 %), ответственны более чем за 75 % выбросов оксидов азота, в то время как острие номирования выбросов направлено в первую очередь на автомобили легковые. Это объясняется равнением на западные тенденции нормирования. Однако, видимому, настало время задуматься и о конкретных особенностях нашего автопарка.

Значит ли это, что конструкции отечественных грузовых автомобилей, так сказать, запрограммированы на большие выбросы оксидов азота? Отнюдь. Удельный выброс оксидов азота бензиновыми грузовыми автомобилями в пересчете на

1 т массы вдвое ниже, чем у легковых, и понятно почему: двигатели первых менее форсированны. Другое дело, что грузовые бензиновые большую часть времени работают с полной нагрузкой, а это почти уравнивает их по удельному выводу с легковыми. Для автомобилей же с дизелями — и грузовых, и легковых — удельный выброс и характер его изменения близки.

Комментируя данные табл. 1, нельзя не отметить, что они рассчитаны с учетом состояния автомобилей в эксплуатации, условий движения и т. д. В связи с этим улучшение технического состояния парка вряд ли окажет такое же заметное положительное влияние на выброс оксидов азота, как и на выбросы оксида углерода и углеводородов. Однако резервы есть. Они — в улучшении условий движения. Подтверждают это приведенные ниже доли выбросов на отдельных режимах городского движения в общем выбросе оксидов азота (на примере легкового автомобиля).

	Доля в выбросе оксида углерода, %
Холостой ход	0
Ускорение	75—90
Движение с постоянной скоростью	8—25
Замедление	1—2

Вывод однозначен: чем больше автомобиль движется с постоянной скоростью, тем меньше загрязняет он окружающую среду оксидами азота.

Еще более наглядный пример дает анализ проезда перекрестка с остановкой у светофора и без нее.

Так, при проезде одного перекрестка с остановкой автомобиль ВАЗ выбрасывает 1,5 г оксида азота, ЗИЛ-130 — 4 г; при проезде без остановки — 0,2 и 0,5 г, т. е. в 7—8 раз меньше.

Очевидно, снижение этой части выбросов является задачей не столько конструкторов, сколько лиц, ответственных за организацию движения.

Таблица 1

Автомобили	Количество выбросов, млн. т. в 1970 г. ¹				Количество выбросов, млн. т. в 1980 г.				Количество выбросов, млн. т. в 1990 г.				Доля автомобилей в парке, %
	NO _x	CO	CH	M _Σ ³	NO _x	CO	CH	M _Σ	NO _x	CO	CH	M _Σ	
Грузовые:													
с бензиновым двигателем	—	—	—	—	0,5	13,9	1,8	—	0,9	8,4	1,5	—	—
с газовым двигателем	—	—	—	—	0,01	0,4	0,05	—	0,4	3,5	0,6	—	—
с дизелем	—	—	—	—	0,03	1,1	0,7	—	0,8	1,4	1,1	—	—
всего	—	—	—	—	0,81	15,4	2,55	27,05	2,1	13,3	3,2	59,0	22,9
Автобусы с бензиновым двигателем ²	—	—	—	—	0,1	2,8	0,35	3,66	0,2	2,0	0,36	5,9	3,9
Легковые	—	—	—	—	0,1	2,1	0,25	3,37	0,44	3,3	0,64	12,5	73,2
Всего	0,3	15,75	1,844	14,3	1,01	20,3	3,15	34,08	2,74	18,6	4,2	77,4	100

Примечания: 1. Автор не располагает точными данными по структуре выбросов за 1970 г. 2. Автобусы с газовыми двигателями учитывались, ввиду малочисленности, вместе с грузовыми автомобилями. 3. Суммарная токсичность рассчитывалась по формуле $M_{\Sigma} = 25M_{NO_x} + 0,33M_{CO} + 0,67M_{CH}$.

Стандарт (год введения)	Предельно допустимый суммарный выброс углеводородов и оксидов азота, г/км	Меры по снижению выбросов оксидов азота	Величина снижения оксидов азота, %	Сопутствующее снижение		Изменение расхода топлива, %	Увеличение стоимости автомобиля, долл. США
				CO	CH		
Правила № 83 ЕЭК ООН, одобрение А (действующие) Правила № 83 ЕЭК ООН, одобрение В, С (действующие)	5—7	—	—	—	—	—	—
	1,6 (для двигателей рабочим объемом более 2 л)	Впрыск топлива+подача вторичного воздуха в выпускной трубопровод+рециркуляция отработавших газов	25	50	30—40	+5	135
	2,0 (1,4—2 л)	Трехкомпонентный нейтрализатор без обратной связи+рециркуляция отработавших газов	55	40—50	50—60	+3	100
Директива № 70/220 ЕЭС, Правила № 83—02 ЕЭК ООН, одобрение В, С (1993 г.) Федеральный стандарт США (действующий) Проект стандарт-США на 1994 г. Проект стандарта США на 2004 г.	3,75 (менее 1,4 л), в том числе оксидов азота — 1,5	Процесс на бедных смесях+окислительный нейтрализатор+рециркуляция отработавших газов	60	70—90	70—90	-10	135—140
	0,97 (включая загородное движение)	Трехкомпонентный нейтрализатор с обратной связью	90	90	90	-(5÷10)	200—400
	0,62 (по методике США-75)	То же	90	90	90	-(5÷10)	200—400
	0,25	Трехкомпонентный нейтрализатор с обратной связью+рециркуляция отработавших газов	92	90	90	-2; +5	400—700
	0,125	Не определены	95	95	—	—	—

Возвращаясь к вопросам нормирования выбросов оксидов азота, целесообразно рассмотреть их в связи с методами обеспечения тех или иных требований, причем без разделения нормирования на европейское и американское, поскольку в 1990-е годы требования в США и Европе, несмотря на разную методическую основу испытаний, практически сравнялись. В табл. 2 приведены величины норм для пассажирских автомобилей вместимостью до 8 чел., а также мероприятия по их удовлетворению и стоимость внедрения этих мероприятий по материалам зарубежных источников.

Поскольку директивы ЕЭС и Правила ЕЭК ООН регламентируют сумму выбросов оксидов азота и углеводородов, при анализе долю оксидов азота в этой сумме можно с определенным допущением принимать равной 40—50 %.

Еще один практический вопрос. Ряд зарубежных исследователей, отмечая, что реальное выполнение жестких американских и европейских стандартов возможно лишь при помощи трехкомпонентных нейтрализаторов с обратной связью, считает, что более оправданным с экологической точки зрения было бы установление требований, которые можно удовлетворить при помощи двигателей, работающих на бедных или очень бедных ($\alpha \geq 1,5$) смесях и для дожигания углеводородов снабженных окислительными нейтрализаторами. И, хотя эффективность снижения выбросов вредных веществ, в том числе оксидов азота, на таких двигателях может достигать лишь 75 % (против 90 % в случае трехкомпонентных нейтрализаторов), возможная экономия топлива могла бы составить 8—28 %.

Правда, исследователи отмеча-

ют: автомобили с такими двигателями обладают существенно худшими ездовыми свойствами и на 5 % дороже, чем автомобили с трехкомпонентным нейтрализатором (доказательство тому — двигатель автомобиля ГАЗ-3102 с форкамерно-факельным зажиганием). Однако последние работы, проведенные ГАЗом, Ленинградским политехническим институтом и НАМИ, свидетельствуют о перспективности способа, особенно для условий эксплуатации в нашей стране, где вряд ли можно ожидать отказа от этилированного бензина ранее 1995—1998 гг.

Все, что сказано выше, относится к автомобилям с бензиновыми двигателями.

Грузовые автомобили с дизелями в нашей стране уже сегодня выбрасывают до трети оксидов азота, поэтому становятся объектом все

Таблица 3

Стандарт, год введения	Предельно допустимый выброс оксидов азота, г/кВт·ч (г/л.с.·ч)	Мероприятия по снижению выбросов	Снижение выброса, %	Увеличение стоимости, долл. США
Правила № 49 ЕЭК ООН Стандарт Швейцарии (действующий)	18,0 (13,2) 14,4 (10,5)	—	—	—
Стандарт Швейцарии, 1991 г., Директива 88/77 ЕЭС	8,0 (5,8)	Применение дизелей с непосредственным впрыском топлива Турбонаддув; промежуточное охлаждение наддувного воздуха; запаздывание угла опережения впрыска топлива, рециркуляция отработавших газов, модификация камеры сгорания	40	115, в том числе только по оксидам азота — 69
Проект поправки 02 к Правилам № 49: первый этап (1992 г.) второй этап (1995 г.) Стандарт США, 1991 г. 1998 г. (проект)	8,0 (5,8) 7,0 (5,2) 5,0 (3,7) 4,0 (2,9)	То же Совершенствование перечисленных выше мер в сочетании с электронной системой контроля впрыска топлива	50	404, в том числе только по оксидам азота — 69

Примечание. Рециркуляция отработавших газов на 40—45 % снижает выброс оксидов азота, но на 5—10 % ухудшает топливную экономичность дизеля.

более жесткого нормирования. И в данном смысле интересно обратиться к действующим и планируемым требованиям к таким автомобилям за рубежом, а также к мерам, направленным на удовлетворение этих требований (табл. 3).

Заметим, что действующие в настоящее время и предусматриваемые на перспективу стандарты США к грузовым автомобилям распространяются равно как на дизе-

ли, так и на бензиновые двигатели. Аналогичная концепция заложена и в наших ГОСТах. По крайней мере в отношении выброса оксидов азота нет никакой необходимости делать различия между дизелями и двигателями с искровым зажиганием.

Как видно из табл. 2 и 3, требования ЕЭС стали основой для Правил ЕЭК ООН, и применение жестких требований в странах Ев-

ропы, не входящих в Сообщество, — лишь вопрос времени. Это относится и к нашей стране, которая является членом Женевского соглашения 1958 г., тем более что Госстандарт и Госприрода уже приняли принципиальное решение о прямом применении Правил ЕЭК ООН. Сроки применения пока не определены, но следует ожидать, что отставание от графика ЕЭС не превысит два-три года.

УДК 504.06:621.436.057.3

Эмульгирование топлива и экологические характеристики дизеля

Д-р техн. наук Р. В. МАЛОВ, В. В. ПЕКШЕВ
МИИТ

Один из способов улучшения экологических характеристик дизеля — применение эмульгированного водой топлива: благодаря увеличению теплоемкости и скрытой теплоты парообразования жидкой фазы гетерогенного топливовоздушного рабочего заряда, замещению части воздуха вблизи окисляющихся молекул углеводородов парами воды уменьшается интенсивность образования оксидов азота и серы. Кроме того, как показали работы Я. Б. Зельдовича, изменяется ход цепных реакций окисления азота с уменьшением выхода из них оксидов азота (пары воды служат ингибитором). Правда, за счет данных факторов ухудшаются условия окисления углеводородов, способствуя крекингу с образованием твердого углерода, и в отработавших газах может появиться большое количество продуктов неполного сгорания. Однако, судя по результатам исследований, улучшение смесеобразования при использовании водотопливных эмульсий (ВТЭ) препятствует крекингу. Чтобы убедиться в этом, рассмотрим, какие процессы происходят в двигателе при эмульгировании топлива.

Как известно, эмульсия представляет собой систему из двух и более взаимно нерастворимых жидкостей. Применительно к автомобильным энергоносителям дисперсной средой являются капли дизельного топлива диаметром 80—300 мкм, в которых в виде сферических образований диаметром 9—20 мкм находятся одна или несколько капель дисперсной фазы — воды. Стабильность эмульсий характеризуется кинетической (седиментационной) и агрегативной устойчивостями. Первая — свойство диспергированных капель под действием броуновского движения длительное время находиться

во взвешенном состоянии, т. е. не оседать, что достигается созданием частиц воды малых размеров. Агрегативная устойчивость — способность капель не сливаться; обеспечивается образованием на границе раздела при помощи третьего вещества системы — эмульгатора — фаз с различной плотностью адсорбционно-сольватного слоя (если эмульгирование осуществляется непосредственно перед подачей топлива в двигатель, можно ограничиться двухкомпонентной системой). Получают эмульсии с применением диспергаторов различными методами. Для транспортных средств наиболее эффективно введение дисперсной фазы в топливную магистраль после ТНВД с использованием волновых явлений в трубопроводе и обратного клапана.

Примем следующую упрощенную модель нагрева, испарения эмульсионной капли и воспламенения ее паров.

В ходе квазистатического сжатия рабочего заряда в цилиндре давление возрастает до 3—9 МПа, температура — до 700—1100 К (427—827 °С). Процесс — квазиравновесный, с мгновенным выравниванием давления по всему объему гетерогенного заряда, включая его жидкую фазу (в ней учитываются и силы поверхностного натяжения). Но температура дизельного топлива не может быть выше температуры кипения фракции, соответствующей 96 %-й перегонке, т. е. 633 К (360 °С). Более того, при существенной разнице коэффициентов взаимной диффузии одних жидких фракций в другие и коэффициентов диффузии их паров в воздух возможно одновременное выкипание всех компонентов дизельного топлива. Тогда, как убеждают эксперименты, расчет испарения капель сле-

дует вести по фракции, соответствующей 50 %-й перегонке, в итоге температурное ограничение дисперсной среды уменьшается до температуры кипения, равной 563 К (290 °С) при нормальном давлении.

Поток теплоты, направленный от газа к капле, сначала расходуется только на нагревание дисперсной среды до температуры кипения и ее испарение. Затем часть его отводится на нагревание водяных включений. А поскольку кипения дисперсной фазы как объемного процесса парообразования в анализируемых условиях быть не может (из-за отсутствия свободных объемов для выхода водяного пара), вода нагревается до температуры кипения при данном давлении газа в цилиндре, а затем перегревается. Считая коэффициенты объемного расширения компонентов эмульсии равными, а каплю воды — закрытой термодинамической системой с неподвижным центром тяжести, процесс в первом приближении можно принять изохорным.

Когда нарушается условие равновесия сил, действующих на границе фаз «вода — дизельное топливо», происходит вторичный внутрикапельный распыл эмульсионных капель, их «микровзрыв». И здесь очень важно выдержать следующее: период задержки воспламенения должен быть меньше периода внутрикапельного разрыва (отсчитываются от момента впрыска топлива, но первый — до точки отрыва линии давления в цилиндре по индикаторной диаграмме, снятой без подачи топлива, второй — до появления «микровзрывов»). В этом случае сначала происходит воспламенение и объемное горение испарившейся доли дизельного топлива, затем — диффузионное горение мелких капель. Объемному горению соответствует первый, кинетический максимум скорости относительного тепловыделения, последующей стадии — диффузионный. Обычно при доводке дизелей стараются снизить кинетический и увеличить диффузионный максимум со сдвигом его по углу поворота коленчатого вала и тем самым уменьшить жесткость работы, максимальное давление газов

в цилиндре, нагрузки на подшипники и детали кривошипно-шатунного механизма, шумность, количество образующихся оксидов азота, правда, за счет некоторого снижения индикаторного КПД (частично процесс сгорания топлива при постоянной скорости переносится на линию расширения, где давление постоянно). Именно такое протекание горения и достигается эмульгированием топлива.

Если внутрикапельный распыл произойдет до воспламенения, то увеличится кинетический максимум тепловыделения со всеми негативными последствиями, в том числе и в аспекте образования оксидов азота и серы: ухудшение смесеобразования в период диффузионного горения способствует крекингу углеводородов и препятствует выгоранию образовавшихся сажевых частиц непосредственно в цилиндре, а также газообразных продуктов неполного окисления энергоносителя.

Таким образом, чтобы оптимизировать процесс, необходимо правильно выбрать периоды задержки воспламенения и внутрикапельного распыла.

Для расчета периода задержки воспламенения τ_i в дизелях различных типов воспользуемся наиболее распространенной у исследователей аналитической моделью, по которой $\tau_i = \frac{A}{p^n} \exp \frac{E_a}{\mu RT}$ (A — константа, присущая каждой камере сгорания, E_a — глобальная энергия активации, уменьшающаяся с увеличением цетанового числа; n — показатель степени, зависящий от фракционного состава дизельного топлива; μR — универсальная газовая постоянная, равная 8314 Дж/(моль·К), т. е. с уменьшением температуры увеличивается по экспоненте. Период же задержки (τ_p) внутрикапельного распыла, как следует из изложенного выше, зависит от температуры в том же направлении, но линейно. Значит, обязательно существует оптимум по количеству вводимой в топливо воды, превышение которого приводит к невыполнению условия $\tau_i < \tau_p$. При этом нужно учитывать, что стремление максимально обводнить топливо только исходя из условия обеспечения устойчивой работы двигателя не приведет к желаемым результатам: процесс сопровождается ростом кинетического максимума скорости относительного тепловыделения, кроме того, приходится иметь на транспортном средстве значительные запасы воды. Поэтому ее нужно вводить в минимальных количествах, обеспечивающих оптимизацию процесса по комплексу показателей.

Правильность рассмотренной концепции подтверждена экспе-

риментально — на четырехтактном турбонаддувном дизеле 6ЧН 12/14 (с камерой сгорания ЦНИДИ) номинальной мощностью 84,6 кВт (114 л. с.) при 1500 мин⁻¹ конструкции Токмакского завода ПО «Юждизельмаш» (хотя он не автомобильный, но выводы по результатам исследования распространяются на двигатели с непосредственным впрыском любого назначения). Топливо (по ГОСТ 305—82) эмульгировалось перед подачей в двигатель, установленный на тормозном стенде, оборудованном автоматическим измерительным комплексом. Основным информативным материалом

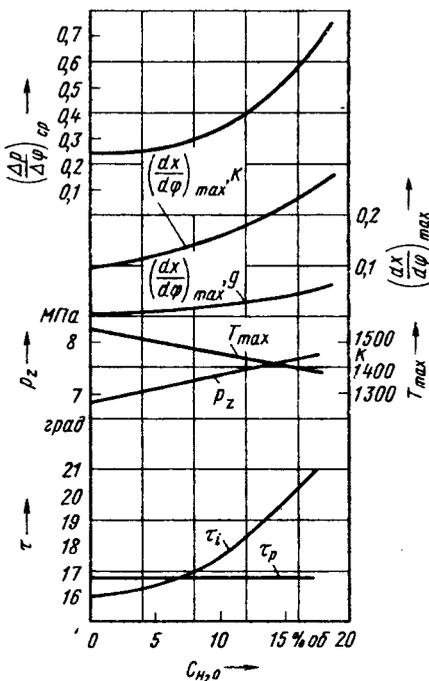


Рис. 1. Индикаторные диаграммы дизеля при работе на номинальном режиме и питании его водотопливными эмульсиями

для установления закономерностей процесса служили индикаторные диаграммы (рис. 1), по которым рассчитывались величина периода задержки воспламенения и (при помощи ЭВМ) кривые относительного тепловыделения и его скорости. Период задержки внутрикапельного распыла определялся также расчетным путем — по уравнению теплового баланса.

Параллельно анализировали состав отработавших газов (средние размеры капель эмульсии и водных включений составили соответственно $2 \cdot 10^{-4}$ и $1,5 \cdot 10^{-5}$ м; поверхностные натяжения — $72,8 \times 10^{-3}$ и $30 \cdot 10^{-3}$ Н/м), с учетом чего вычисляли превышение давления внутри дисперсной фазы к моменту «микровзрыва» капли (~ 5 кПа). Период задержки воспламенения при объемной концентрации воды в дизельном топливе от 0 до 18 % равен 16—21 град

п. к. в. Период задержки второго распыла, по расчетам, близок к τ_i и определяется временем прогрева дисперсной среды эмульсионной капли до температуры равновесного испарения; практически сразу после этого, т. е. с началом прогрева водяной капли, происходит «микровзрыв» эмульсионной капли.

Об экологических характеристик дизеля можно судить по рис. 2: если концентрации в отработавших газах сажи, оксидов азота, серы, углерода на номинальном режиме при работе двигателя на дизельном топливе соответственно равны 0,10; 1,50; 0,40; 0,75 г/м³, то, как видно из рисунка, перевод на водотопливные эмульсии уменьшает выбросы сажи и оксидов азота в 3—4 раза, оксидов серы и углерода — на 20—50%. При этом минимум выделений двигателем сажи и оксидов азота приходится на эмульсии с оптимальным (6—8%) содержанием воды, а эмиссия оксидов серы и углерода монотонно уменьшается по мере обводнения топлива, а это вполне соответствует теории.

В ходе исследований изучалась также возможность замены части дефицитного нефтяного энергоносителя спиртами. Как известно, наиболее приемлемо в этих целях применение соединений с цепным строением молекул, являющихся производными алканов ($C_n H_{2n+2}$), в которых атом водорода замещен гидроксильной группой, придающей молекуле полярные свойства. Анализ спиртов по интенсивности изменения энергоемкости в функции числа атомов углерода с учетом их стоимости показывает: можно ориентироваться только на соединения, содержащие не более четырех атомов углерода. К ним относятся метиловый, этиловый, пропиловый, бутиловый спирты, причем последние два — с изомерами (пропанол 2, или изопропиловый спирт, и бутанол 2, или изобутиловый спирт). Предпочтение отдается метанолу как самому легко воспроизводимому: по данным ГИНИИметанолпроекта, в 1986 г. в стране из природного газа его было получено 87%, в 2000 г. планировалось довести эту цифру до 98%; его вырабатывают также из низкосортного каменного угля, горючих сланцев, нефтяных остатков, биомассы. Использование этанола в ближайшем будущем маловероятно, пропанола и бутанола же относительно дороги, поэтому их применение пока экономически невыгодно.

Если рассматривать экономический аспект замены дизельного топлива метанолом (без учета изменения экологических характеристик двигателей), то сравнение пока явно не в пользу послед-

него. Так, в 1986 г. среднеотраслевая себестоимость метилового спирта составила 94 руб./т с перспективой уменьшения к 2000 г. до 74 руб./т — за счет совершенствования технологии изготовления. Поскольку низшая теплота сгорания равна 20,15 МДж/кг, то удельная стоимость единицы энергии для метанола составляет 4,68 руб./кДж с перспективой снижения в 2000 г. до 3,67 руб./кДж, т. е. соответственно выше, чем у дизельного топлива (в 2,68 и 2,11 раз). Удельная масса топливных емкостей составляет 1,96 кг/л, что в 2,25 раза больше, чем у дизельного топлива. И хотя приведенные результаты расчетов не учитывают рыночную конъюнктуру и соответствуют уровню цен 1986 г., а их прогнозирование даже на ближайшее время весьма проблематично, по всей видимости стоимостные показатели дизельного топлива и метилового спирта будут не только выровнены, но и уменьшены в пользу метанола. Что же касается опасений многих эксплуатационников относительно его ядовитости, то они беспочвенны: требования к предельно допустимым концентрациям паров алифатических спиртов в воздухе менее жестки, чем для бензинов; кроме того, коэффициент диффузии метанола вдвое больше, чем у дизельного топлива, что делает практически невероятным создание зон с опасной концентрацией его паров. Не случайно метиловый спирт называют топливом будущего.

Однако, несмотря на явные преимущества метанола, в настоящее время переводить на него серийные дизели нельзя. Дело в том, что по цетановому числу, характеризующему способность топлива к воспламенению, метиловый спирт существенно отличается от дизельного топлива. Значит, чтобы двигатель эффективно работал на метаноле, его необходимо значительно доработать, т. е. практически создать специальный спиртовой дизель, что и имеет место в действительности. Избегают этого, заменяя метиловым спиртом лишь часть дизельного топлива. А поскольку он не растворяется в нефтяных энергоносителях, применяют эмульгирование им стандартных топлив.

Рассмотрим особенности перехода от водотопливных к спирто-топливным эмульсиям.

Тенденция к уменьшению максимальной и средней температур заряда с увеличением содержания в эмульсиях веществ дисперсной фазы при последовательном переходе от воды к метиловому, этиловому, изобутиловому спиртам ослабевает. — из-за разницы в теплотах парообразования (при нормальных условиях — соответственно 2450, 1102, 909, 578 кДж/кг). Вследствие этого и в том же порядке уве-

личиваются период задержки воспламенения, изменение скорости нарастания давления, степень повышения давления при горении. Но, судя по опытам, такая закономерность наблюдалась лишь при объемной концентрации метанола, большей 14 %, при меньшем содержании компонентов в дисперсной среде и постоянной концентрации воды введение спиртов соответствует больший период задержки воспламенения чем у воды. По-видимому, принятая модель процесса является лишь первым приближением к действительному явлению. При ее уточнении следует учитывать то, что часть теплоты передается каплям дисперсной фазы

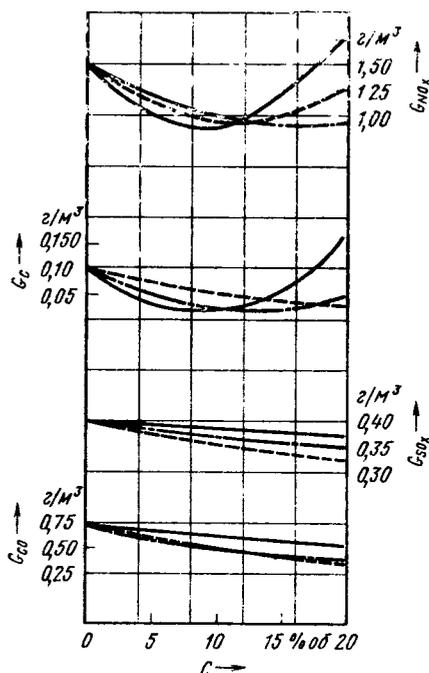


Рис. 2. Экологические характеристики дизеля при работе на номинале и питании его водо-, спирто- и спиртоводотопливными эмульсиями (соответственно сплошные, штриховые и штрихпунктирные линии)

за период нагрева дизельного топлива до температуры равновесного испарения, вследствие чего закономерности в области малых добавок к дизельным топливам эмульгирующих компонентов корректируются — из-за различия теплоемкостей веществ (для воды, метилового, этилового, изобутилового спиртов при нормальных условиях они равны 4,19; 2,35; 2,84; 2,93 кДж/кг·град), избыточного давления $72,8 \cdot 10^{-3}$; $22,6 \cdot 10^{-3}$; $22,8 \cdot 10^{-3}$; $28,9 \cdot 10^{-3}$ Н/м), времени нарушения условия $\tau_i < \tau_p$.

Экологический эффект от замены воды спиртами иллюстрирует тот же рис. 2 (штриховая линия). Из него видно: в этом случае существенно снижаются выбросы оксидов серы, что объясняется меньшим содержанием ее в энергоносителе на единицу располагаемой теплоты. Поступление в воз-

душный бассейн других вредных веществ по мере введения в дизельное топливо добавок изменяется, как правило незначительно. Следовательно, переход от водотопливных к спиртоводотопливным эмульсиям целесообразен лишь с точки зрения экономии дефицитных продуктов переработки нефти.

В ходе экспериментов рассматривался и такой вариант: введение спиртоводотопливных эмульсий. Дело в том, что спирты очень гигроскопичны, поэтому их товарные образцы содержат определенное количество воды. Опыты поставленные на карбюраторных двигателях с применением водометанольных смесей, содержащих до 30 % метилового спирта в бензинах, показывают, подача воды существенно уменьшает выделение двигателями оксидов азота, частично — оксида углерода при небольшом росте эмиссии углеводородов. Причем концентрации оксидов азота в отработавших газах снижались пропорционально содержанию воды в топливе. С целью выявления четких закономерностей применительно к дизелям, работающим на эмульгированном энергоносителе (в частности, на метаноле), были проведены эксперименты и для случая питания их спиртоводотопливными эмульсиями, содержащими равные количества воды и спирта. Результаты исследований убеждают: по экологическому эффекту эти эмульсии (штрихпунктирная линия на рис. 2) занимают промежуточное место между водотопливными и спиртоводотопливными.

Итак, вкратце сформулируем выводы.

1. Применение водотопливных эмульсий в дизелях уменьшает образование и выбросы сажи, оксидов азота и серы — за счет увеличения теплоемкости и скрытой теплоты парообразования жидкой фазы гетерогенного заряда, замещения части кислорода вблизи окисляющихся молекул парами воды, изменения хода цепных реакций окисления атмосферного азота. Улучшение смесеобразования вследствие вторичного внутрикапельного распыла («микровзрывов») интенсифицирует процесс выгорания сажевых частиц и газообразных продуктов неполного сгорания топлива. Для реализации последнего необходимо, чтобы период задержки воспламенения был меньше периода задержки внутрикапельного распыла. При доводке процесса не следует ставить задачу максимально возможно обводнить топливо при сохранении устойчивой работы двигателя, а, наоборот, нужно стремиться вводить минимально необходимое его количество для выполнения этого условия, в противном случае про-

цесс будет сопровождаться ростом кинетического максимума скорости относительного тепловыделения со всеми негативными последствиями. Это и определяет оптимум степени обводнения, который для дизелей с непосредственным впрыском составляет 6—8 %.

2. При расчете параметров процесса воспламенения и горения моделью первого приближения может быть следующая: нагрев дисперсной среды (дизельного топлива) до температуры кипения фракции, соответствующей 50 %-й перегонке; изохорный нагрев дисперсной фазы (воды) с ее перегревом без парообразования до температуры, обуславливающей превышение внутреннего давления на поверхности раздела фаз «вода —

топливо» над внешним, являющимся следствием действия сил поверхностного натяжения на границах фаз «воздух — топливо» и «топливо — вода»; «микровзрыв» капле эмульсии с мгновенным превращением перегретой жидкости в пар. При уточнении модели необходимо учитывать часть теплоты, поступающей к водяным включениям в период нагрева топлива до температуры установившегося массообмена его составляющих с окружающей средой.

3. Для уменьшения расхода дефицитного нефтяного энергоносителя рационален переход к питанию дизелей спиртоотопливными эмульсиями с приготовлением их непосредственно на двигателе путем использования волновых яв-

лений в трубопроводе высокого давления и обратном клапане. При этом понижаются температура замерзания дисперсной фазы и температура застывания энергоносителя. Экологический эффект, в первую очередь, достигается за счет эмульгирования топлива, затем — за счет замещения части дизельного топлива альтернативным.

4. До тех пор, пока себестоимость спиртов не снизится до уровня цен на дизельное топливо, целесообразно для улучшения экологических характеристик дизелей и экономии нефтяного энергоносителя применять спиртоводотопливные эмульсии. При этом следует принять меры по повышению коррозионной стойкости деталей двигателя и прокладок.

ОТВЕТЫ НА ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

УДК 629.113-585.862

ГИБРИДНЫЕ КАРДАНЫЕ ВАЛЫ. ОСОБЕННОСТИ РАСЧЕТА

Канд. техн. наук В. А. САВЕЛЬЕВ
НАМИ

Замена металлических труб карданных валов на композитные — одна из все более заметных в последние годы тенденций. Интерес к данному направлению совершенствования карданных передач понятен: при композитных трубах уменьшается число опор карданного вала (например, вместо широко распространенного трехопорного вала с разрезной трубой может быть установлен двухопорный неразрезной), а это — упрощение конструкции, снижение ее массы и вибраций, передаваемых на кузов автомобиля, улучшение динамических характеристик трансмиссии. Однако переход от металла к композитам, естественно, не избавляет от воздействия на них механических нагрузок и окружающей среды в процессе эксплуатации. Поэтому композитные трубы приходится рассчитывать, как и металлические. Правда, методология их расчета имеет некоторые особенности. В частности, если для металлических определяются величины крутящих моментов и продольных (сжимающих и растягивающих) сил, изгибающих моментов от действия центробежных сил при вращении и силы ударов частиц, летящих из-под колес автомобиля, а по ним — геометрия труб, то при проектировании валов с трубами из полимерных композиционных материалов от силовых факторов сначала идут к составу материала и распределению армирующих волокон в его объеме и только потом — к геометрии. Иными словами, новый материал заставляет решать дополнительную (промежуточную) задачу. Причем задачу достаточно сложную, поскольку приходится учитывать физико-механические характеристики исходных компонентов материала, их стоимость, дефицитность и т. п.

К настоящему времени пути ее решения, можно сказать, определились. В частности, материалы для труб должны быть гибридными, т. е. содержать разнородные армирующие волокна.

Разработана (в НАМИ) и методика расчета карданных валов с трубами из гибридных полимерных компо-

В редакцию пришло письмо от А. Некрасова, студента одного из вузов, который интересуется специфической задачей расчета карданных передач, в частности, валов из полимерных композиционных материалов.

Ответом на вопрос нашего читателя в какой-то мере, на наш взгляд, может служить статья специалиста НАМИ.

зиционных материалов. Предусмотренный ею порядок расчета такой: определяются допустимые по критерию критической частоты вращения внутренний и наружный диаметры трубы, оцениваются ее прочность и возможность потери формы (коробление) при действии максимальных эксплуатационных нагрузок. В качестве параметров варьирования используются углы расположения армирующих волокон относительно продольной оси карданного вала и механические характеристики материалов всех слоев, т. е. состав и структура композита. Рассмотрим этот порядок подробнее.

Критическая частота вращения, как и в случае любого материала, зависит от геометрических параметров конструкции (длина вала, средний диаметр), которые задаются или определяются конструктором, и от таких свойств материала трубы, как плотность и модуль упругости в продольном направлении. При этом плотность вычисляется обычным для композитов методом как средневзвешенная величина плотности исходных компонентов композита, содержащихся в его объеме. Модуль упругости композита тоже зависит от свойств упругости составляющих его компонентов, их объемного содержания и, кроме того, от направления армирования.

Все эти факторы учитываются в методике расчета, т. е. в ней нашло отражение то, что полимерный композиционный материал имеет разнородные наполнители, размещенные послойно под углами к продольной оси трубы карданного вала.

Найденная критическая частота сопоставляется с максимально возможной частотой вращения карданного вала, причем соответствующий коэффициент запаса должен быть не менее 1,3—1,4.

В качестве расчетной модели принята балка с равномерно распределенной массой, более точно отвечающая действительности, чем в случае часто используемой для этих целей модели с сосредоточенной массой.

Оценка возможной потери формы трубы при действии на вал максимального крутящего момента производится при помощи соответствующих формул для тонкостенных оболочек. Полученное значение критического крутящего момента сопоставляется с максимальным крутящим моментом, действующим на вал в процессе эксплуатации автомобиля.

Для оценки прочности гибридного композиционного материала определяется уровень нагруженности волокон и матрицы, а также напряжений на границе между ними, возникающих в результате совместной работы и обусловленных различными их упругодеформационными свойствами. Это одна из важных особенностей расчета конструкции из слоистого гибридного композиционного материала, отличающая его от расчета, например, изотропных материалов (металлов), при котором получают единую зависимость для всего сечения. Поскольку слои композиционного материала трубы имеют разные напряженно-деформированные состояния и предельные характеристики, то проверять условия неразрушения нужно для каждого из них. Следует заметить, что при нарушении хотя бы одного из этих условий начинается разрушение трубы, которое представляет собой не событие (как у металла), а процесс, в результате которого происходит ряд перераспределений напряжений в структуре композита с последующей полной потерей им несущей способности. Однако даже при повреждении каких-либо отдельных слоев от действия перегрузок последующие меньшие нагрузки не приводят к катастрофическому разрушению конструкции, характерному, например, для ее стального аналога.

Условия неразрушения слоев композиционного материала оцениваются при помощи ряда критериев, в которых величинами, зависящими от действующих на конструкцию нагрузок, служат деформации ϵ растяжения или сжатия волокон, средние нормальные напряжения σ_2 слоя в перпендикулярном к продольной оси его волокон и средние напряжения продольного сдвига τ_{12} этого же однонаправленно армированного слоя.

При расчете трубы карданного вала на прочность обычно принимается, что она нагружена только крутящим моментом. Однако на трубу действуют и значительные продольные силы, обусловленные трением в шлицевом соединении при перемещениях вала и втулки относительно друг друга. (Результаты измерений показали, что, например, для автомобиля грузоподъемностью 4—5 т продольные силы достигают 40—42 кН (4—4,2 тс). При этом неизбежно изменяется напряженно-деформированное состояние материала трубы по сравнению со случаем действия только крутящего момента. Данным изменением для стальной трубы обычно пренебрегают, в нашем же случае такой подход неприемлем. Поэтому для карданного вала с трубой из гибридного полимерного композиционного материала представляет интерес оценка влияния продольных сил на указанные величины, а значит, и на прочность композита.

Действующие на трубу карданного вала нагрузки показаны на рис. 1 (где M — крутящий момент, P — продольная сила), на рис. 2 — результаты расчетов ϵ , σ_2 и τ_{12} для слоев композитной трубы опытного образца карданного вала автомобиля грузоподъемностью 5 т. В качестве исходных данных при расчетах приняты: длина вала — 2180 мм, максимальная частота

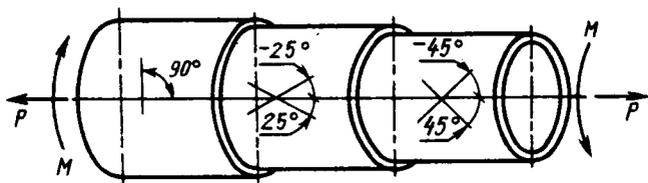


Рис. 1. Схема нагружения и армирования композитной трубы карданного вала

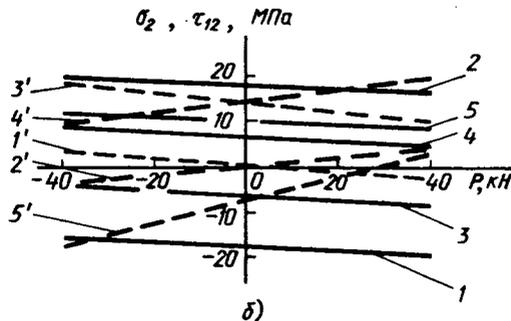
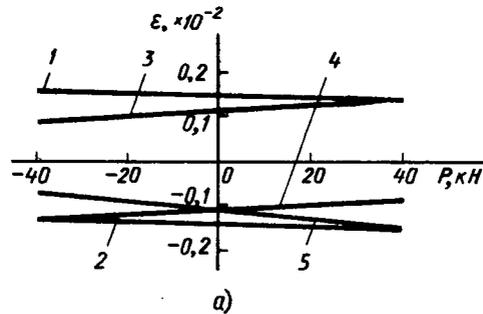


Рис. 2. Зависимость деформаций волокон, нормальных напряжений в поперечном направлении и касательных напряжений продольного сдвига слоев композиционного материала трубы от продольных сил

его вращения — 3000 мин⁻¹, максимальный передаваемый крутящий момент — 4460 Н·м (446 кгс·м).

Оказалось, что для данного автомобиля по критической частоте вращения подходит композитная труба внутренним диаметром 100 мм и толщиной стенки 3,8 мм. Но это при условии, что, во-первых, материал имеет в своем составе углеродные и стеклянные волокна, а также матрицу эпоксидного типа; во-вторых, структура включает 11 монослоев: два внутренних, один наружный со стеклянным наполнителем (толщина каждого 0,2 мм, два первых уложены под углами $\pm 45^\circ$, третий — под углом 90° к продольной оси трубы) и восемь расположенных между ними монослоев с углеродным наполнителем (толщина каждого — 0,4 мм, углы $\pm 25^\circ$ к продольной оси вала).

На рис. 2 (поз. а), кроме того, показана зависимость относительной деформации волокон материала трубы, нагруженной крутящим моментом M , от изменения величины осевой силы P (цифры 1, 2, 3, 4 и 5 относятся соответственно к монослою, армирующие волокна которых расположены под углами $\pm 45^\circ$, -45° , $+25^\circ$, -25° и 90° к продольной оси трубы). Из рисунка видно, что деформированное состояние волокон для всех слоев при изменении направления действующей силы P (сжатие-растяжение) меняется различным образом. Например, при изменении этой силы от -40 кН (-4 тс) до $+40$ кН ($+4$ тс) относительная деформация монослоя со стеклянным наполнителем, уложенным под углом 90° (линия 5), возрастает более чем в 2 раза. Но такие же монослои со стеклянными волокнами, уложенными под углами $\pm 45^\circ$ и -45° к продольной оси трубы, при изменении продольной силы деформируются меньше (линии 1 и 2). Для монослоев с углеродными волокнами, уложенными под углами $+25^\circ$ и -25° (линии 3 и 4), наоборот, деформируются больше, но в направлении, обратном отраженному линиями 1 и 2.

На рис. 2, б линии 1—5 и 1'—5' относятся к зависимостям изменения σ_2 и τ_{12} для монослоев с углами армирования $\pm 45^\circ$, $\pm 25^\circ$ и 90° от изменения продольной силы. Здесь также виден существенно различный характер этих зависимостей, без учета которых добиться высокой точности расчета композитных труб кардан-ных валов нельзя.

Как известно, при расчете металлических труб карданных валов (да и не только их) руководствуются правилом: если не соответствует нормам прочности хотя бы одно сечение, то нужно это сечение увеличить (по диаметру или моменту сопротивления), а расчет повторить. Здесь подход иной: если нормативам прочности не соответствует хотя бы один монослой, то следует увеличить толщину стенки трубы и расчет повторить.

То же самое нужно помнить и в отношении расчета трубы по критерию потери формы из-за коробления.

Для повышения критической частоты вращения карданного вала в общем случае требуется материал, обладающий возможно большей жесткостью и возможно меньшей плотностью. Из таких материалов для труб карданных валов наибольший практический интерес представляют стекло- и органопластики. В связи с этим возникает вопрос: а каков будет эффект, если заменить в полимерном композиционном материале трубы углеродные волокна на арамидные и наоборот? Ответ на него есть, в доказательство приведем результаты расчетов карданных валов с трубами из стеклоугле- и органопластика, предназначенных для легкового автомобиля повышенной проходимости.

Переменными проектирования при расчетах были приняты состав и структура срединного слоя материала

трубы, изготавливаемой намоткой на оправку диаметром 56 мм, выходной характеристикой — толщина стенки или наружный диаметр трубы. Во всех вариантах расчета материал содержал два внутренних и один наружный монослой со стеклянными наполнителями одинаковой толщины, уложенными соответственно под углами $\pm 45^\circ$ и 90° по отношению к продольной оси трубы.

Результаты таковы: заданная несущая способность вала обеспечивается при углах укладки углеродных волокон $\pm 20^\circ$, арамидных — $\pm 15^\circ$ к продольной оси трубы, что объясняется их разными механическими характеристиками (коэффициенты Пуассона, модули упругости в продольном, поперечном направлениях и при сдвиге). Масса трубы в первом случае получилась равной 0,963 кг, во втором — 1,182 кг. При этом толщина стенки составляет соответственно 3,15 и 3,95 мм.

Аналогичные расчеты проведены и для трубы карданного вала автомобиля грузоподъемностью 5 т. Они также показали, что использование углеродных волокон дает возможность изготовления трубы карданного вала с меньшей толщиной стенки и меньшей массой, чем в случае использования арамидных волокон. Масса стеклоуглепластиковой трубы составляет 2,94 кг, стеклоорганопластиковой — 4,467.

Эти данные близки к данным измерений изготовленных на основе расчетов труб.

АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ

УДК 621.436-62:629.114.4.004.5

ОПЫТ ЭКСПЛУАТАЦИИ ГАЗОДИЗЕЛЬНЫХ КАМАЗОВ

Канд. техн. наук В. В. КАРНИЦКИЙ, Д. Х. ВАЛЕЕВ, С. В. ФУЧКИН
НАМИ, КамАЗ

Впервые в мире КамАЗ начал и продолжает серийное производство газодизельных автомобилей. Здесь с 1987 г. выпускаются газодизельные модификации КамАЗ-53208 и КамАЗ-53218, которые оборудованы системой топливпитания, выполненной на базе схемы ГД-НАМИ (совместная разработка НАМИ, КамАЗа и ПО «Дизельаппаратура»).

Как видим, газодизельные КамАЗы находятся в эксплуатации уже более четырех лет. Поэтому есть все основания подвести некоторые итоги, проанализировать накопившийся за эти годы опыт, оценить достоинства и недостатки, выявленные при работе газодизелей в различных регионах страны. Причем следует отметить, что такие анализ и оценки становятся возможными не только потому, что время накапливает факты, но и прежде всего потому, что материалы по эксплуатации газодизелей собирались целенаправленно и систематически, из разных источников (рекламации, поступающие на завод, выезды работников НТЦ КамАЗ и НАМИ в места массовой эксплуатации газодизельных автомобилей, сбор первичной информации не только через автоцентры КамАЗ, но и непосредственно в

автопредприятиях). И вот какая картина сейчас вырисовывается.

К настоящему времени пробеги первых газодизельных автомобилей выпуска 1987—1988 гг. достигли 300—350 тыс. км и более, значительной части автомобилей выпуска последующих лет — 200—250 тыс. км, и на всех подтвердилось главное достоинство газодизелей — экономия дизельного топлива за счет замещения его газом. Например, доказано, что она, в зависимости от годовых пробегов и особенностей условий эксплуатации, составляет от 10 до 12 т на один автомобиль.

Таким образом, если учесть соотношение цен на дизельное топливо и газ, а также их теплотворные способности, то по ценам 1990 г. расходы на топливо в случае газодизеля оказываются для автохозяйств в 2 раза ниже.

Подтвердилось и то, что газодизель экологически чище дизеля: он, также в зависимости от режима работы, выбрасывает в 2—4 раза меньше сажи. Немаловажно, что и уровни шума в кабине водителя при этом на 1,5—3 дБА ниже.

Переход на газовое топливо благоприятно влияет и на межремонтный ресурс двигателя, так как

цилиндропоршневая группа последнего из-за уменьшения нагаротложений и твердых частиц в продуктах сгорания изнашивается медленнее. При работе двигателя в газодизельном режиме несколько лучше у автомобиля и тягово-скоростные качества.

Однако эксплуатация первых газодизельных автомобилей КамАЗ выявила и определенные их недостатки. И прежде всего — недостатки газового оборудования. Правда, они в большинстве случаев не связаны со спецификой конструкции газодизеля и точно так же проявляются на всех газовых двигателях, в том числе и с искровым зажиганием. К числу таких недостатков, относятся, например разрегулировка или разрушение клапана второй ступени газового редуктора (редуктор «страивает» газ); частое засорение газового фильтра из-за плохого качества газового топлива; разрывы диафрагмы первой и второй ступени газового редуктора низкого давления; разрушение пластмассовых деталей уплотнения в редукторе высокого давления и газовых вентилях («расквашивание» пластмассы); неправильная регулировка редукторов низкого и высокого давления.

Но выявились, к сожалению, дефекты, присущие именно газодизельным автомобилям и двигателям. В частности, «проседа-

ние» деревянного настила грузовой платформы и ее касание газовых баллонов, приводящее к нарушению герметичности газовой системы. (Сейчас дефект устранен за счет увеличения расстояния между днищем платформы и газовыми баллонами.)

Второй дефект — быстрый выход из строя подогревателя газа, если в системе охлаждения двигателя используется вода (в зимний период подогреватель «размораживается»).

Третий, хотя и нетипичный, но встречавшийся до августа 1988 г. дефект производственного характера: у электронного реле (РГД) на автомобилях была перепутана полярность при подсоединении реле к сети.

Четвертый массовый дефект — неправильная регулировка привода от педали акселератора к ТНВД и дозатору газа, в результате которой газовая заслонка или не прикрывалась полностью или, наоборот, не открывалась. Дефект чисто эксплуатационный и объясняется несоблюдением последовательности операций по регулировке, предусмотренной заводской инструкцией по эксплуатации автомобиля.

Обнаружились недостатки конструктивного характера. Например, такой, как «заедание» привода механизма установки запальной дозы топлива из-за коррозии оси поворотного рычага. Чтобы его устранить, завод изменил конструкцию этого узла (вводит уплотнение, исключающее попадание влаги на ось рычага). То же самое можно сказать и о случаях «вырыва» трубок высокого давления из гаек, крепящих трубки к тройникам газовых баллонов: «вырывы» — результат неправильного подбора материала уплотнительных колец (ниппелей). Подтверждает этот вывод тот факт, что дефект устраняется заменой «камазовских» уплотнительных колец кольцами из запасных комплексов для автомобилей ЗИЛ-138А.

В практике встречались и некоторые другие дефекты: большое усилие на педали управления ТНВД при работе в газодизельном режиме; «дергание» автомобиля (нестабильная работа двигателя при частоте вращения коленчатого вала 1100—1200 мин⁻¹). Но на автомобилях выпуска последних двух лет их уже нет: завод внедрил новую конструкцию телескопической тяги.

Зарегистрированы дефекты, так сказать, смешанного характера, т. е. возникающие по вине конструкции, производства и эксплуатации. Например, встречались случаи, когда из-за неточной регулировки конечного выключателя на ТНВД не включался газодизельный режим. Или такие дефек-

ты дозатора газа (проявляющиеся, как правило, при пробегах более 100—150 тыс. км), как «люфты» оси заслонки; несоосность соединения ведущего и ведомого валиков; заедание заслонки в корпусе дозатора; выработка гнезда, расположенного в крышке корпуса дозатора, ведущим валиком и т. д. Сюда же можно отнести закоксовывание сопловых отверстий распылителей форсунок, вызванное неправильной регулировкой ТНВД, которая сопровождается большой неравномерностью распределения топлива по отдельным цилиндрам при малых цикловых подачах (как метод устранения этого явления рекомендуется «прожигание» форсунок периодической работой на чистом дизельном топливе или чистка сопловых отверстий); разрушение стоек крепления газового редуктора низкого давления из-за вибрации двигателя.

Наблюдаются также дефекты, связанные с недоработанностью комплекующих. Наиболее характерные из них — преждевременное выключение подачи газа и автоматический переход двигателя в дизельный режим при остаточном давлении в баллонах, равном 2—3 МПа (20—30 кгс/см²), происходящие из-за несрабатывания датчика аварийного падения давления (расположен в корпусе редуктора низкого давления).

Таким образом, основное количество отказов и дефектов газовой системы питания и управления ею приходится не на специфическое «газодизельное», а на универсальное автомобильное газовое оборудование, применяемое, кроме КамАЗов, на автомобилях ГАЗ и ЗИЛ. Это подтверждает уже давно высказанную мысль о том, что необходимо разрабатывать и ставить на производство новые редукторы высокого и низкого давления, новые конструкции газобаллонной арматуры, фильтров и т. д. Однако неоднократное обследование ряда автопредприятий, обучение на местах водительского персонала и механиков, эксплуатирующих газодизельные автомобили КамАЗ, по-

казали, что никакое новое оборудование проблемы надежности газодизельных автомобилей не решит, если эксплуатационники будут так же плохо, как сейчас, знать конструкции и основные правила эксплуатации специфических узлов и систем этих автомобилей. Приобретению же таких знаний препятствуют наши «традиции». Например то, что заводские инструкции по эксплуатации газодизельных автомобилей, как правило, хранятся в технических отделах автопредприятий, в результате чего водители и механики лишены возможности постоянно пользоваться ими. Отсюда и результат: водители зачастую просто боятся газодизельных автомобилей. То есть с КамАЗами происходит то, что 8—10 лет тому назад наблюдалось при внедрении газобаллонных автомобилей ГАЗ и ЗИЛ.

К счастью, есть и положительные примеры. Так, большую работу по пропаганде газового топлива и обучения персонала особенностям эксплуатации и обслуживания газодизельных КамАЗов проводит отдел газовых топлив НИИАТ; в ряде регионов (Челябинская область, Краснодарский край и др.) хорошо разобрались в достоинствах газодизельных КамАЗов, и эксплуатирующие организации стараются наращивать их парк. Популярности газодизелей способствует и то, что специалисты КамАЗа постоянно совершенствуют их системы и узлы, разрабатывают пособия по обучению водителей и механиков.

На сегодня газ — практически единственное реальное альтернативное топливо для СНГ. Поэтому наряду с совершенствованием существующей системы питания конструкторы КамАЗа совместно с рядом организаций работают и над принципиально новыми системами питания дизеля газом (в том числе с применением электроники). Свидетельство тому — расширение гаммы выпускаемых газодизельных АТС. В том числе — начало серийного выпуска автомобилей-самосвалов КамАЗ-55118 и седельных тягачей КамАЗ-54118.

ВНИМАНИЮ ХОЗЯЙСТВЕННЫХ РУКОВОДИТЕЛЕЙ!

С 17 по 21 ноября 1992 г. в СИНГАПУРЕ будут проводиться пять крупных международных выставок, охватывающих весь комплекс технологических операций машиностроения и металлообработки:

«Станки и инструменты»

«Автоматизация и робототехника»

«Штамповка и литье»

«Сварка и обработка поверхности»

«Складское и подъемно-транспортное оборудование»

Официальный представитель оргкомитета выставок в СНГ —
НПО «ИНФОЛОГ»

Телефоны: (095) 239-01-05, 369-40-36

Факс: (095) 292-65-11 БОКС 1298

ГОТОВЬ САНИ ЛЕТОМ...

Н. Л. ЕГИН

Кто из многомиллионного сообщества водителей-профессионалов и автолюбителей не знает, что такое пуск застывшего на морозе двигателя? Во-первых, это процедура, вредная для ДВС: отсутствие оптимальных зазоров между сопряженными деталями и загустевшая смазка повышают его износ. Так, рассчитано, что при пуске двигателя при температуре ниже 253 К (-20°C) зеркала гильз цилиндров изнашиваются примерно в 10 раз сильнее, чем при пуске прогретого двигателя (температура охлаждающей жидкости 313—353 К, или $40-80^{\circ}\text{C}$). Во-вторых, достается в мороз и водителям. Им приходится разогревать охлаждающую жидкость или масло различными кустарными способами, что в «полевых» условиях далеко не безопасно, а иногда и просто невозможно. Не лучше обстоят дела и в автохозяйствах — парогенераторные установки подогрева двигателей громоздки, дороги и энергоемки.

Кроме того, огромное количество АТС «ночуют» или находятся на длительных стоянках в неотапливаемых местах, где полностью отсутствуют какие-либо источники энергии.

Так где же выход? Предпринимались попытки накапливать, а затем использовать для пуска и предварительного прогрева двигателя электрическую энергию, однако емкость аккумуляторов на морозе снижается столь заметно, что эти попытки себя не оправдали.

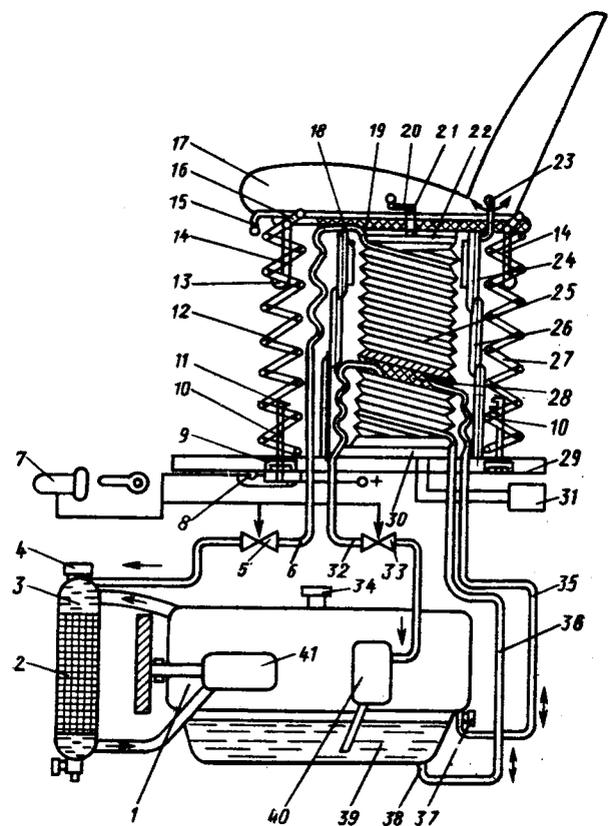
А если аккумулировать для этих целей не электрическую, а тепловую энергию? Ведь в системе охлаждения даже легкового автомобиля содержится около десяти литров воды или антифриза и в системе смазки около пяти литров масла, которые при работе ДВС разогреваются. Если не дать этой жидкости охладиться во время стоянки автомобиля, то его ДВС пустится в любой мороз. А сохранить тепло можно в термосе соответствующей емкости.

Идея хранить в термосе охлаждающую жидкость и смазочное масло для АТС приходила в голову многим изобретателям. Но ни один не мог решить основную проблему — где разместить термос? Кроме того, как заполнить и опорожнить его быстро и без дорогостоящих компрессоров? Изобретателям мешал сложившийся стереотип: термос — это нечто хрупкое, громоздкое и с неизменными линейными размерами. Свободного же места ни под капотом, ни в кабине автомобиля нет.

Чтобы решить эту проблему, нужно колбу термоса выполнить в виде гармошки из эластичного термостойкого материала. Такой термос можно разместить даже в кабине, например, под сиденьем водителя, так как при движении автомобиля он складывается и практически не занимает полезного объема АТС.

Данная идея и реализована в устройстве для обеспечения пуска ДВС автотранспортных средств (а. с. 1382985, СССР).

Конструктивная схема этого устройства показана на рисунке. Она включает кожух 26, выполненный из трех цилиндров, телескопически соединенных друг с другом, между стенками каждого из которых находится алюминиевая фольга с воздушными прослойками для теплового отражения. Один цилиндр кожуха имеет перфорации 18 в виде прямоугольных окон. Эти перфорации могут перекрываться с перфорациями цилиндрической задвижки 24, которая установлена на кожухе и снабжена ручкой 23 механического привода. Внутри кожуха 26 размещен спираль-



ный сильфон 25 из эластичного термостойкого материала. Нижние части сильфона и кожуха 26 герметично закреплены в основании 29, в центральной части которого расположено приспособление 30 для нагревания или охлаждения. Приспособление 30, выполненное из $n-p$ -переходов полупроводников, соединено через блок 31 управления с бортовой сетью электропитания АТС. Верхние концы сильфона 25 и кожуха 26 герметично закреплены в верхней части панели 19, на которую крепится сиденье 17 водителя. В центральной части панели 19 снабжена перфорациями и осью 21, на которой расположена дисковая задвижка 22 с перфорациями, перекрывающимися с перфорациями верхней панели 19.

Ручка 20 механического привода задвижки 22 закреплена на оси 21 и выходит в щелевую прорезь на верхней панели 19 у нижнего края сиденья 17. Между основанием 29 и верхней частью панели 19 закреплены два упругих элемента 12 и 27 в виде спиральных пружин, внутри которых находятся по два фиксатора (10 и 14) их рабочего положения, представляющие собой упругие стержни с профильной защелкой 11 на конце. При этом стержни верхних защелок подвижно установлены на верхней панели 19 и снабжены рычагами 16, которые соединены на шарнирах с ручкой 15 механического привода. Стержни нижних защелок 11 крепятся к основанию 29, а один из них механически связан с датчиком освобождения корпуса от масла и охлаждающей жидкости. Этот датчик выполнен в виде конечного выключателя 9, контакты 8 которого коммутируют цепь к замку 7 зажигания и к обмоткам электромагнитных клапанов 5 и 33. Клапан 5 соединяет верхний шланг 6 с верхним бачком радиатора 2. Клапан 33 соединяет верхний шланг 32 с верхней магистралью системы смазки, ведущей к масляному насосу 40 двигателя 1. Для отделения охлаждающей жидкости от масла внутри сильфона 25 установлена перегородка 28, через которую проходят шланг 32 и шланг 35, подключенный к крану 37 двигателя 1 с насосом 41 системы охлаждения. Пробка 4 радиатора и проб-

ка 34 картера 39 двигателя имеют воздушные клапаны.

Устройство работает следующим образом.

После остановки автомобиля и выключения его двигателя 1 в холодное время года водитель, выходя из кабины, нажимает на ручку 15. Последняя, воздействуя на рычаги 16, поворачивает стержни верхних фиксаторов 14, профильные защелки 13 которых выходят из зацепления с защелками 11 нижних фиксаторов 10 и освобождают упругие элементы 12 и 27. При этом контакты 8 конечного выключателя 9 размыкают цепь замка 7 зажигания двигателя. Клапаны 5 и 33 закрываются. Упругие элементы воздействуют на верхнюю панель 19, телескопический кожух 26 и сильфон 25, которые раздвигаются до максимальных размеров. В результате объемы верхней и нижней полостей сильфона 25 увеличиваются, и в них образуется разрежение, так как клапаны 5 и 33 закрыты и по шлангам 6 и 32 воздух не поступает, поэтому через нижние шланги 35 и 36 происходит заполнение верхней полости сильфона 25 горячей охлаждающей жидкостью, а нижней полости сильфона — горячим маслом. Поскольку забор антифриза и масла из двигателя 1 идет в его нижних точках, то обе жидкости полностью переходят в сильфон, а занимаемый ими объем в двигателе заполняется воздухом, проходящим через клапаны в пробках 4 и 34.

Масло и охлаждающая жидкость с температурой 353—363 К (80—90 °С) длительное время сохраняются в сильфоне без заметного ее снижения.

При очень длительных стоянках автомобиля в холодное время года водитель может направить часть тепла для отопления кабины. Для этого достаточно

изменить величину теплового отражения, повернув ручку 23 или ручку 20, перфорации которых перекрываются с перфорациями в стенках цилиндров кожуха 26 или с перфорациями в верхней панели 19, и тепло поступает в кабину.

При пуске холодного двигателя водитель, заняв рабочее место на сиденье 17, своей массой заставляет сиденье опуститься. При этом верхняя панель 19 сжимает сильфон 25 (термос складывается), в котором образуется давление, вытесняющее жидкости в системы двигателя 1 по шлангам 35 и 36. Вытесняющиеся горячее масло и охлаждающая жидкость прогревают все системы и детали двигателя.

Для исключения пуска двигателя при пониженных уровнях масла и охлаждающей жидкости замок зажигания 7 срабатывает только в рабочем положении устройства (сильфон 25 сжат). Момент достижения устройством рабочего положения определяется автоматическим срабатыванием упругих защелок 11, верхние и нижние профильные головки которых входят в зацепление между собой. Одновременно с защелками срабатывает конечный выключатель 9, и падает напряжение на замок зажигания и на электромагнитные клапаны 5 и 33. Последние открываются и соединяют шланги 32 и 6 магистрали для масла и охлаждающей жидкости с полостями сильфона 25. Под действием насосов 40 и 41 масло и охлаждающая жидкость начинают циркулировать по своим системам, обеспечивая облегчение пуска двигателя 1.

Испытания опытного образца устройства, установленного на автомобиле ГАЗ-51, показали: при его помощи в 10 раз уменьшается износ деталей двигателя при пуске, экономится топливо, увеличивается срок службы стартера и аккумулятора, улучшаются условия работы водителя.

ОТВЕТЫ НА ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

УДК 656.13.08

АВАРИЙНОСТЬ И АКТИВНАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АТС

Д-р техн. наук А. И. РЯБЧИНСКИЙ,
кандидаты техн. наук Г. М. АХМЕДОВ,
Т. А. ЛИТВИНОВА и Ю. Б. СУВОРОВ

В 1991 г. только в Российской Федерации произошло 197659 дорожно-транспортных происшествий, в которых погибли 37510 и получили ранения 214409 человек. То есть по сравнению с 1986 г. число происшествий возросло на 42,6 %, а число погибших и раненых соответственно на 81,6 и 42,6 %. При этом продолжает неуклонно увеличиваться показатель тяжести последствий ДТП: с 12,1 погибших на 100 пострадавших в 1986 г. до 14,9 — в 1991 г.

Таким образом, проблема повышения безопасности движения стала относиться к числу наиважнейших, требующих самого радикального подхода. Но в то же время она — одна из наиболее сложных, поскольку

Н. Д. Белов, занимающийся, как он пишет, анализом причин ДТП, спрашивает, не располагает ли редакция цифровыми данными о влиянии технического состояния автотранспортных средств и их систем на аварийность.

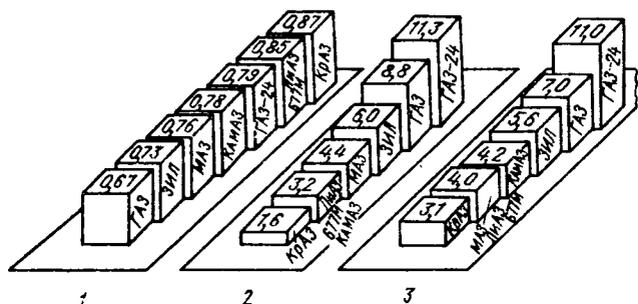
В редакции такой материал есть. Это — публикуемая ниже статья, которая, надеемся, заинтересует не только Н. Д. Белова.

охватывает весь комплекс «человек — автомобиль — дорога — среда», каждая из составляющих которого, в свою очередь, представляет собой сложнейшую систему.

Автомобильная промышленность занимается главным образом одной из этих составляющих — автотранспортными средствами. И не в последнюю очередь — их активной безопасностью, т. е. приданием им такой совокупности свойств, которые делают эти средства способными снижать вероятность дорожно-транспортных происшествий или предупреждать их. Причем в этом смысле наиболее интересны свойства, способствующие так называемой активной безопасности, т. е. динамические (тягово-скоростные и тормозные), устойчивость, управляемость, информативность АТС.

Таковы общие и в большинстве своем очевидные соображения. И для создателей, и для потребителей автотехники важнее другое: какие элементы АТС наиболее ответственны с точки зрения активной безопасности и что нужно делать, чтобы, во-первых, их было возможно меньше и, во-вторых, их влияние было минимальным.

Очевидно, что реализовать данную идею можно лишь при условии, что разработчик четко знает, какие из свойств АТС сказываются на аварийности сильнее, а какие — слабее. Иными словами, располагает диф-



ференцированной информацией о ДТП, связанных с конструкцией, технологией и эксплуатацией АТС. Причем в иерархии такой информации должно быть несколько уровней, главные из которых — самый общий, оценивающий ДТП по двум показателям: внезапные отказы отдельных узлов и элементов АТС; недостаточный уровень функциональных тех или иных свойств АТС, относящихся к свойствам активной безопасности.

Надо сразу сказать, что первый показатель проще. Поэтому он чаще всего и приводится (авторы многочисленных публикаций утверждают, что 10—20 % всех ДТП происходит по причинам, связанным с конструкцией автомобиля). Однако простота, как свидетельствует опыт ВНИИ БД, только кажущаяся (например, по его статистике в СНГ число ДТП из-за отказов элементов и узлов автомобиля составляет всего 1—2 %). И это — не подтасовка фактов. Расхождение приведенных выше цифр на целый порядок — результат, во-первых, сложности, подчас невозможности определения неисправностей на месте ДТП из-за значительной деформации кузова, повреждений и разрушения деталей тормозной системы, рулевого управления и ходовой части, а также отсутствие у магистральных служб ГАИ специальных приборов для оперативного диагностирования АТС; во-вторых, ограниченного объема фиксации данных в отношении конструкций и технического состояния АТС в существующих карточках учета ДТП, что не позволяет в полной мере оценить влияние конструкций и технического состояния конкретных моделей АТС на вероятность возникновения ДТП как при осмотре места происшествия, так и при дальнейших следственных действиях.

За рубежом государственные структуры и автомобильные фирмы этому вопросу уделяют больше внимания. Так, во Франции углубленный анализ причин и разработка мероприятий по предупреждению ДТП с тяжелыми последствиями делаются в соответствии с государственной программой. В каждом департаменте (их 95) организованы группы по изучению ДТП с летальным исходом или тяжкими последствиями. Каждая такая группа обязательно включает врача (как правило, из службы скорой помощи), жандарма или полицейского, инженера дорожной службы. Члены группы не позже 48 ч после ДТП должны ознакомиться со всеми материалами аварии с выездом на место происшествия, в больницу, к месту нахождения аварийного автомобиля и т. д., а не позднее чем через четыре недели после него — написать отчет (рапорт) с изложением причин ДТП и предлагаемых мероприятий, которые должны исключить повторение аналогичных случаев. Отчеты, в свою очередь, поступают в республиканский комитет обеспечения безопасности дорожного движения, задача которого — анализировать все ДТП и выработать рекомендации, в том числе по совершенствованию конструкций АТС.

У нас таких групп, а тем более комитетов, нет. Нет и оснований, что они появятся в ближайшем будущем. Однако выходы нужно искать. И один из них, на наш взгляд, состоит в использовании сплошного массива следственных материалов автотехнической экспертизы. Дело в том, что документы о ДТП, находящиеся, например, в автотехнической лаборатории ВНИИСЭ и его филиалах, сейчас ежегодно пополняются примерно 2500 уголовными делами по ДТП.

Конечно, по отношению к общему количеству ДТП на дорогах страны это лишь часть (~0,5 %) данных. Однако они значительно более информативны, чем статистические материалы, собираемые по линии ГАИ. Во-первых, на судебную экспертизу направляются материалы ДТП после возбуждения уголовных дел, расследование которых не может обойтись без технической экспертизы. Во-вторых, такие ДТП, как правило, исследуются экспертами достаточно полно и многофакторно. В-третьих, имеющаяся в архивах инфор-

мация по рассматриваемым ДТП, позволяет достаточно четко выделить из общего числа именно те, которые находятся в причинной связи с конкретными неисправностями АТС. Причем данная сторона информации в настоящее время наиболее ценна, ибо из общей статистики, собираемой по линии ГАИ, практически невозможно определить истинную причину ДТП.

Для получения достоверных данных о влиянии технических неисправностей АТС на аварийность из «сплошных» архивных материалов технической экспертизы, на наш взгляд, наиболее целесообразна такая технология

За основу берется банк данных одной из лабораторий, занимающихся автотехнической экспертизой. При обработке используется специальная первичная форма, в которую заносят виды ДТП и их последствия, модели АТС и различные виды выявленных в процессе экспертиз их неисправностей (по отдельным системам и узлам), явившихся непосредственными причинами ДТП, а также дорожно-климатические условия, время суток и др. Затем переходят ко всему парку АТС в стране, регионе и т. д. С этой целью из выборки назначается (по принятым в теории надежности закономерностям) определенное число подконтрольных ДТП, происшедших с интересующей исследователя конкретной моделью АТС. В частности, установлено, что при допустимой ошибке, равной 0,1, и уровне доверительной вероятности 0,95 данное число должно быть не менее 29 для каждой модели АТС.

Теперь можно сделать вывод и обо всем автопарке моделей.

Действительно, в нашей стране эксплуатируются в основном модели 14 автозаводов. Грузовые: ГАЗ, ЗИЛ, КамАЗ, КраЗ, МАЗ и УралАЗ; легковые: АЗЛК, ВАЗ, ГАЗ, ЗАЗ, автобусы: ЛАЗ, ЛиАЗ, ПАЗ и РАФ. Значит, если по моделям одного автозавода нужно изучить как минимум 29 уголовных дел (технических экспертиз), то по моделям 14 заводов — не менее 406. Если же учесть, что автозаводы выпускают не только базовые модели, но и их модификации, то общее число дел, которые необходимо проанализировать, чтобы получить достоверные данные о влиянии отдельных систем и узлов находящихся в эксплуатации АТС, составляет, как показывают расчеты, 2000.

Именно по такой технологии обрабатывали сплошной массив статистических данных технической экспертизы за 1987—1990 гг. (6030 дел по ДТП). Установлено, что в 12,6 % ДТП связаны с техническими неисправностями АТС. Из них в 7,7 % случаев — с неисправностями элементов и узлов, влияющими на отдельные свойства активной безопасности. Выявлено также, что доля ДТП, в которых технические неисправности становились непосредственной их причиной, с годами изменялась и, к сожалению, в худшую сторону: 1987 г. — 6,2 %, 1988 г. — 8,6, 1989 г. — 8,2 и 1990 г. — 9,9 %.

Как видим, цифры заставляют задуматься и конструкторов, и производственников, и эксплуатационников.

Любопытно и распределение ДТП и их последствий по системам АТС (см. таблицу).

Наибольшая (43—52 %) доля ДТП из-за технических неисправностей приходится на узлы и агрегаты автомобиля, определяющие тормозные свойства. Из-за технических неисправностей элементов и узлов двигателя, определяющих его тягово-скоростные свойства, происходит 1,3 % ДТП (главным образом потому, что водителям не удается пустить двигатель и освободить проезжую часть дороги в темное время суток при нефункционирующих габаритных и сигнальных огнях автомобиля). Большое количество ДТП (23—32 %) падает на рулевое управление.

Но таблица позволяет увидеть степень «участия» узлов и систем в ДТП. Из нее видно, что мысль,

высказанная выше, верна: карточки учета ДТП, которые ведутся ГАИ, не могут служить базой для оценки активной безопасности АТС (разве что базой для «прикидочной» оценки).

Выше упоминалось, что рассмотренная технология пригодна как для всей страны, так и для отдельных ее регионов. Если, разумеется, число уголовных дел по ДТП соответствует необходимому для анализа. Но такое, к счастью, в отдельных регионах случается редко. Поэтому здесь возможна другая технология оценки влияния технических неисправностей узлов и агрегатов АТС на аварийность. Такую оценку можно получить, если в течение определенного периода (не менее года) в отдельном регионе (при условии, что его автомобильный парк имеет не менее 50 тыс. автомобилей) провести сбор сплошных статистических данных об аварийности. Результаты, конечно, будут менее точны, чем по первой из рассмотренных технологий, однако достаточно близки к ним.

Анализ, каким бы способом ни были получены необходимые для него исходные данные, позволяет решить задачу чрезвычайной важности — причины технических неисправностей АТС, приводящих к ДТП. В частности, установить, что применительно к отечественной автомобильной технике таких причин несколько. И главные, если их расположить в порядке убывания «веса», — это ухудшение снабжения запасными частями, снижение производственной дисциплины, уровня технического обслуживания и ремонта, старение автомобильного парка и т. п. Немаловажное значение имеет также уровень надежности АТС, закладываемый при конструировании и особенно производстве. Например, при участии авторов данной статьи была изучена надежность систем, узлов и агрегатов АТС (тормозные системы, рулевое управление, передний мост, двигатель, внешние световые приборы, системы очистки и обдува ветрового стекла) между их очередными техническими обслуживаниями, до текущего ремонта и до конца первого и второго циклов эксплуатации. Делалось это по первичной документации различных автотранспортных предприятий Стройтранса г. Москвы и Минавтодора БССР в г. Минске, имеющих приблизительно одинаковые условия эксплуатации и возможности поддержания транспорта в исправном состоянии. Результаты оказались теми, что и следовало ожидать. Из них, во-первых, следует, что условия эксплуатации оказывают существенное влияние на надежность систем и узлов, но лишь при неправильной организации ТО и ремонта. Если же отступлений от требований инструкций нет, то надежность элементов АТС точно соответствует заложенной на стадиях проектирования и производства. И картина здесь выглядит не лучшим образом. Причем как вообще, так и по продукции отдельных автозаводов. Это хорошо видно из рисунка, на котором в качестве примера даны в % к общему

числу неисправностей, приведших к ДТП, показатель надежности между ТО-2 тормозных систем АТС разных заводов (первая колонка), доля ДТП, связанных с этими системами (вторая колонка) и доля пострадавших в этих ДТП. Из рисунка ясно также, что между надежностью систем и агрегатов одинакового назначения и количеством ДТП по вине этих элементов существует четкая связь. Следовательно, увеличение надежности систем и узлов, влияющих на активную безопасность АТС, — важнейший резерв снижения аварийности.

Приведенные выше соображения, что не трудно заметить, все-таки не столько количественный, сколько качественный анализ. Взять, скажем, те же тормозные свойства автомобиля и их влияние на аварийность. По результатам анализа материалов автотехнических экспертиз установлено, что с процессом торможения автомобиля связано 29,6 % всех ДТП. Но этот процесс зависит не только от надежности автомобиля и качества его обслуживания, но и от трудно поддающихся учету «качеств» водителя, дорожно-климатических условий, поведения других участников дорожного движения. Дать количественную оценку влияния, например, отдельных свойств активной безопасности на аварийность в таких условиях довольно сложно. Но можно, если допустить, что на разницу в удельных показателях аварийности для двух моделей АТС в условиях характерных видов ДТП основное влияние оказывает только разница в показателях их отдельных свойств активной безопасности. Все же другие факторы (квалификация водителей, дорожно-климатические условия эксплуатации, уровень технического обслуживания и т. д.) принимаются постоянными. Так же как и уровни пассивной безопасности сравниваемых моделей АТС.

Зная разницу в удельных показателях аварийности, разницу в показателях отдельных свойств активной безопасности, а также суммарные удельные показатели аварийности для рассматриваемых моделей АТС, очевидно, легко вычислить и долю ДТП, основная причина которых — несовершенство конструкции автомобиля.

Полученные таким образом данные должны интересовать многих, в том числе конструкторов, производителей, эксплуатационников. Каждый из них, естественно, использует их в интересах своей профессиональной деятельности. Но есть одно общее, что объединяет их интерес, особенно при переходе к рыночным отношениям. Это экономические потери, связанные с ДТП по вине техники. Для конструктора и производителя техники данные потери есть показатель ее конкурентоспособности, т. е. главный «индекс» сбытопригодности, успеха на рынке, а для эксплуатационника — одна из основных характеристик, заставляющая его приобретать (или не приобретать) ту или иную модель АТС.

Для расчета таких потерь для автопарка б. СССР мы использовали банк специально обработанных сплошных данных ДТП и их последствий за 1988 г. При этом было доказано, что, например, увеличение тормозного пути автомобиля всего на 1 м увеличивает (в ценах 1989 г.) потери при ДТП на 30—40 руб. на каждые 100 тыс. км суммарного пробега автомобильного парка. В итоге это выливается в миллиарды рублей.

Рассмотренные подходы можно использовать, разумеется, для оценки влияния не только тормозных, но и других свойств активной безопасности АТС (управляемости, устойчивости, информативности) на аварийность. И такие оценки делаются. Они говорят о том, что сам автомобиль является сейчас причиной более 20 % всех ДТП. То есть по его вине в 1991 г. в РФ совершено почти 40 тыс. ДТП, в которых погибло почти 10 тыс. человек, нанесен огромный материальный ущерб. Задача очевидна: безопасность АТС нуждается в повышении.

Системы АТС	ДТП из-за технических неисправностей, %	
	по карточкам ДТП в ГАИ	по материалам автотехнической экспертизы
Тормозные	43	52
Рулевое управление, шины	23	32
Двигатель, ходовая часть (кроме шин), трансмиссия	8	9
Электрооборудование, световые приборы	6	2
Прочие ¹	20	4
Итого:	100	100

¹ Имеются в виду выпадения пассажиров, грузов, а также ДТП, связанные с нарушением техники безопасности, и др.

КОМПЬЮТЕРНАЯ ТЕХНОЛОГИЯ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Математическое моделирование проникает практически во все области деятельности людей. И не в последнюю очередь — в машиностроение. Оно стало уже инструментом исследователей, конструкторов, технологов, поскольку дает возможность быстро и достаточно близко к реальным условиям решения множества задач, причем решения оптимального (хотя бы уже потому, что исследуются самые различные варианты как отдельных параметров, так и их совокупностей).

О «технологиях» некоторых из этих решений и рассказывают авторы публикуемых ниже статей.

УДК 621.744.3:658.512.2.011.56

Изготовления литейных форм

Канд. техн. наук В. Г. ЗУБКОВ, С. В. СМИРНОВ,
М. Е. ФАЙЕРШТЕЙН, канд. физ.-мат. наук Г. С. ШМЕЛЕВ
МАСИ

Хорошо известное средство улучшения технико-экономических и экологических показателей современных теплоэнергетических установок — совершенствование их газодинамических характеристик. В том числе и за счет разумной организации процесса выпуска воздушного заряда в цилиндры ДВС, так как от него во многом зависит эффективность всех последующих процессов: впрыскивания и распыливания топлива, смесеобразования, воспламенения и выноса продуктов сгорания в атмосферу. Однако добиться оптимальной конструкции впускного канала ДВС на начальном этапе разработки, т. е. расчетным путем, очень сложно, поскольку требования, предъявляемые к нему, весьма противоречивы: с одной стороны, необходимо обеспечить вихревое движение воздушного заряда, с другой (для получения хорошего наполнения цилиндров свежим зарядом) — наименьшие гидравлические потери. Поэтому обрабатывали газозвуковые тракты ДВС экспериментальными методами, что, как обычно, требует больших затрат времени и средств и не всегда гарантирует оптимальность найденных решений. Это особенно четко проявляется в тех случаях, когда для изготовления подобных деталей разными инструментальщиками и модельщиками применяется большое число разнообразных инструментов. Инструментальщик изменяет геометрические параметры детали с учетом имеющихся в его распоряжении технологических возможностей. Он принимает во внимание поверхности сопряжения, литейные уклоны для выемки детали из форм. Однако при этом могут возникать отклонения, которые приводят к различным расходам материалов, повышению стоимости изготовления, снижению оптимальных прочностных и других характеристик, а следовательно, к снижению качества и надежности изготавливаемых изделий.

Выход — в компьютеризации проектирования. САПР/АСУП не только сокращает время разработок, но и обеспечивает эффективное взаимодействие между разработчиками и производителями, становясь своего рода сопрягающим звеном между ними. Более того, связующим звеном между инженерингом, производством, а также маркетингом и техническим сопровождением, с включением в это звено заказчика и субподрядчика.

Специалисты МАСИ и ЗИЛа создали систему автоматизированного проектирования и управления производством САПР/АСУП «Канал», предназначенную для разработки и доводки газозвуковых трактов ДВС, в

частности формирования, корректировки моделей каналов сложных геометрических форм и изготовления литейных форм для выбранного варианта модели.

Обобщенная схема компьютерной технологии разработки и изготовления газозвуковых трактов ДВС сложных геометрических форм показана на рис. 1 (в конкретных случаях некоторые из этапов могут отсутствовать).

Процесс производства любой технологической оснастки начинается с поступления заказа-проекта, в котором заказчик сообщает основные требования, предъявляемые к разрабатываемому изделию, и к его геометрическим параметрам. Эта информация может поступать в виде: чертежа заказываемого изделия;

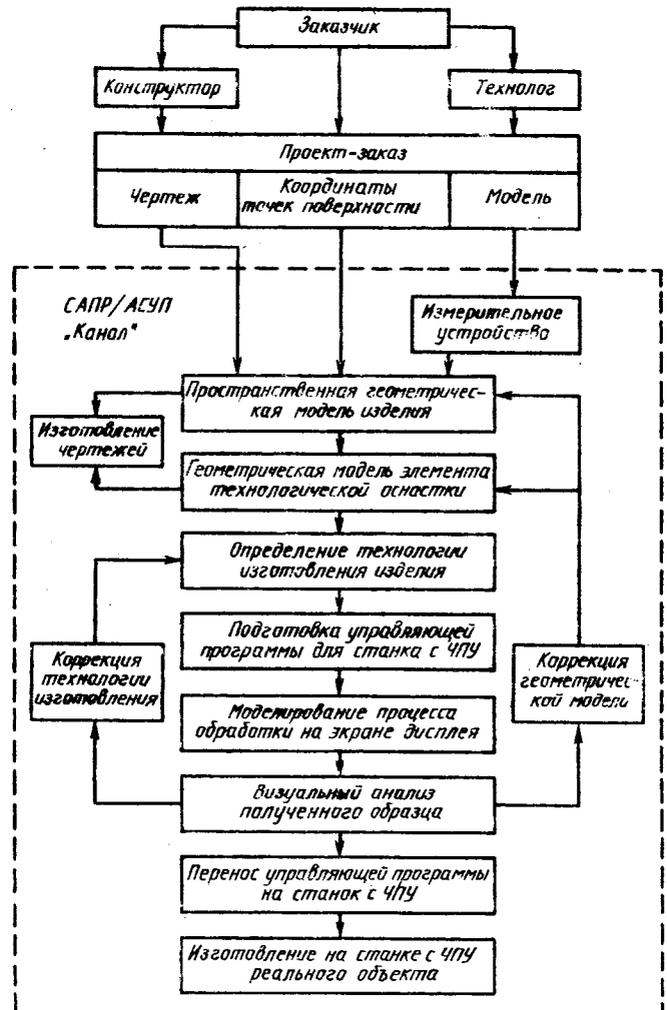


Рис. 1

Автомобильная промышленность, 1992, № 8

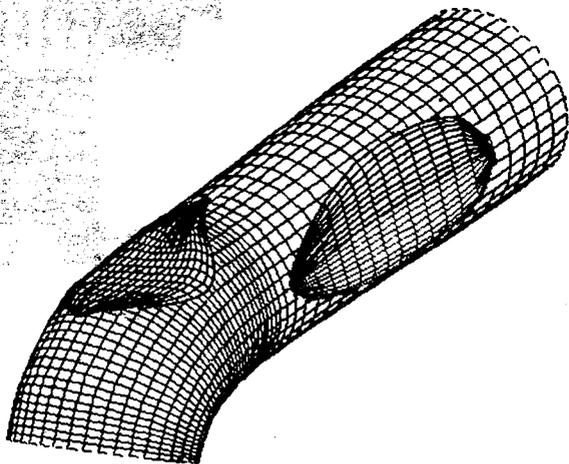


Рис. 2

цифр, характеризующих его геометрию (координаты точек поверхностей); модели реального объекта. В первом случае в память ЭВМ с чертежа переносятся координаты точек характерных сечений, радиусы окружностей, длина отрезка прямой или дуги и т. д. Во втором — цифровая информация о геометрии изделия, которую, очевидно, в память ЭВМ можно заводить сразу, лишь подобрав соответствующий формат. В третьем случае полученная от заказчика модель обмеряется при помощи либо трехмерного координатно-измерительного устройства, имеющегося в измерительной лаборатории ПО ЗИЛ, либо устройства копировально-фрезерного станка с ЧПУ модели МЕКОФ.

САПР/АСУП «Канал» строит объемную геометрическую модель всасывающего канала в интерактивной графической системе «Ракурс», где поверхности генерируются на основе кинематического принципа, метода построения двумерного сплайна и поверхности Кунса. Геометрическая и технологическая информация вводится в систему через специальные окна (пользовательские и служебные) посредством алфавитно-цифровой клавиатуры и планшета. Диалог пользователя ведется на экране графического дисплея с использованием меню. Оно представляет собой иерархически упорядоченный перечень возможных действий пользователя, представленный набором строк текста или рисунков (строки выбираются из меню при помощи функциональной клавиатуры).

При работе используются система координат экрана, определяющая изображение объекта, и система координат объекта, являющаяся единой для всех объектов.

На экране графического дисплея геометрическая модель изделия изображается в виде пространственного проволочного каркаса или «закрашенной» поверхности. (На рис. 2 показан пример изображения поверхности одной из половин литейной формы впускного канала двигателя внутреннего сгорания.)

Если в качестве объекта заказа выступает элемент технологической оснастки (например, литейная форма), то поверхность разъема этого элемента, как правило, заказчиком задана (чаще всего на чертеже). Если же таких данных нет, САПР/АСУП «Канал» формирует оптимальные для данной конструкции поверхности.

Система, кроме того, обеспечивает выполнение основных требований инструментального производства при определении поверхностей изделий, получаемых сво-

бодной ковкой (постоянные и изменяющиеся радиусы закруглений между поверхностями; дополнительные припуски на последующую обработку, например, для литья пластмасс под давлением; скосы и уклоны для выемки деталей из пресс-форм и т. п.).

Система «Ракурс» наряду с объемным моделированием изделия (его геометрии) позволяет рассчитывать траекторию движения инструмента при трех- и пятикоординатной фрезерной обработке. Основные параметры расчета: обрабатываемая поверхность, форма инструмента, а также группа поверхностей, описывающих различные ограничивающие условия. Поверхность, созданная в системе «Ракурс», определяется параметрической сеткой (внутренняя система двумерных координат), к которой легко «привязывается» инструмент (например, фреза по обрабатываемой поверхности передвигается вдоль одного из семейств координатных линий). Причем инструмент, используемый при расчете и обработке, может иметь произвольную галтельно-конусную форму: достаточно задать параметры инструмента, и система определит форму его сечения.

Очень важно, что при расчете траектории движения инструмента система исследует, возможны ли столкновения инструмента с обрабатываемой поверхностью и с группой поверхностей, задающих ограничения. Правда, она способна оценивать лишь две группы ограничений: препятствия, при встрече с которыми фреза меняет направление движения; выступы, огибаемые фрезой сверху. Причем оценивать с учетом (и это главное) всех особенностей формы самого инструмента.

Рассчитанная траектория движения инструмента выдается либо в формате CLDATA, который может быть затем использован в различных постпроцессорах, либо непосредственно в кодах станков некоторых типов.

«Ракурс» — система автоматизированная. Но она, как и всякая другая, работает надежно, если заложенные в ней программы хорошо отлажены. Такая отладка ведется путем контроля параметров получа-

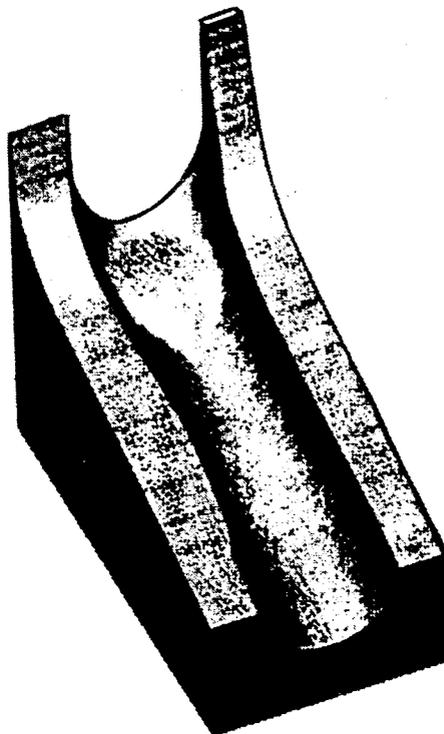


Рис. 3

емых изделий. И на практике может оказаться, что при контроле первого образца результат не соответствует не только модели, но и некоторым другим требованиям технолога. В таком случае могут потребоваться изменения не только технологического плана (размер и форма фрез, соответствующие зоны обработки и т. п.), но и в самой модели.

Для того чтобы контроль был эффективным, нужна визуализация результатов выполнения управляющей программы. И в САПР/АСУП «Канал» эта проблема решена: на основе результатов экспериментальных работ по твердотельному моделированию разработана интерактивная графическая система моделирования процессов обработки резанием, в которой изображение получается методом трассировки лучей. Один из ее вариантов — система «Фрезер», предназначенная для моделирования работы трехкоординатного станка с ЧПУ и обеспечивающая возможность визуального контроля процесса изготовления детали.

В качестве примера на рис. 3 показана компьютерная модель геометрической поверхности литейной формы впускного канала одного из двигателей. Показана в одном ракурсе. Но пользователь, по желанию, может визуализировать ее в любом ракурсе и масштабе. И не только модель, так сказать, целиком, но и масштабное же сечение ее любой плоскостью.

Если визуальный анализ полученного объекта и результаты его измерений удовлетворяют разработчика, программа фрезерования передается на производство, в вычислительное устройство системы ЧПУ. Здесь она согласуется с постпроцессором (форматом данных соответствующего управления), а затем передается на станок для управления его работой.

Следует добавить, что в САПР/АСУ «Канал» предусмотрена возможность обмена информацией с другими системами или предприятиями.

Опыт эксплуатации этой системы (а он уже накоплен) показал: она, по сравнению с традиционными экспериментальными методами, существенно сокращает разработки оптимальных конфигураций газовоздушных трактов ДВС; повышает точность обработки и качества обрабатываемой поверхности, уменьшая тем самым время контроля и цикл чистой обработки последней; увеличивает скорость фрезерования на современных станках с ЧПУ и эффективность их использования.

УДК 629.113.072.5.001.57

Аэродинамика автомобиля

И. Э. КУЛЬПИНА, С. М. ПЕРМИНОВ
Институт машиноведения РАН

Аэродинамика автомобиля во многом определяет его качество. В частности, такие характерные показатели, как затраты мощности при движении, расход топлива, устойчивость, надежность охлаждения тормозов,

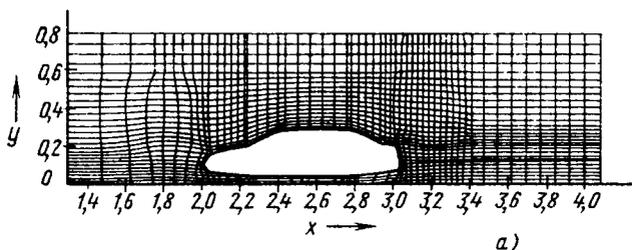


Рис. 1. Фрагмент расчетной сетки в плоскости симметрии автомобиля ГАЗ-3105

нагруженность отдельных деталей кузова, уровень внутреннего и внешнего шума, степень загрязнения наружных поверхностей, воздействие на других участников движения и т. д. Поэтому работы по ее изучению, особенно на больших скоростях движения, ведутся уже давно. И ведутся преимущественно методами дорожных испытаний и испытаний в аэродинамических трубах. Однако и то и другое требует, как известно, больших затрат времени, труда и средств, заставляет ограничиваться сравнительно небольшим числом вариантов одних и тех же конструкций. Между тем современный уровень развития математики и вычислительной техники позволяет решать тот же и даже более широкий круг задач численными методами и определять (прежде всего на этапе проектирования) величины давления и составляющих скорости воздушного потока в любой точке как на автомобиле, так и около него, т. е. получать все аэродинамические характеристики АТС, не прибегая к натурным исследованиям.

Математическое моделирование задач внешнего обтекания, в принципе, можно выполнять либо на основе уравнений динамики сплошной среды, либо по различным упрощенным математическим моделям (уравнения идеальной жидкости, уравнения пограничного слоя). Но, несмотря на меньшую трудоемкость расчетов, упрощенные модели часто приводят к значительному расхождению расчетных и экспериментальных данных, поэтому специалисты Института машиноведения в качест-

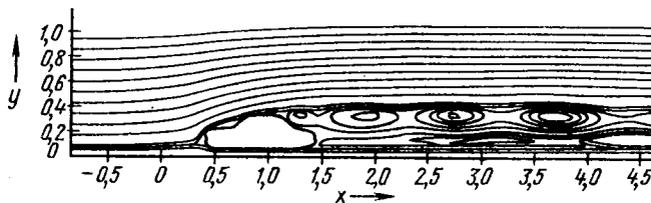


Рис. 2. Картина обтекания автомобиля ГАЗ-24-10 в плоскости симметрии

ве математической модели используют систему уравнений гидродинамики, которая включает нестационарные уравнения Навье-Стокса, записанные в естественных переменных «скорость — давление», и уравнение неразрывности. Такая система пригодна в данном случае потому, что практически даже самые «быстрые» автомобили имеют максимальную скорость, не превышающую одной трети скорости звука. Это означает: возникающие в поле обтекания изменения плотности и температуры воздуха относительно малы, т. е. воздушный поток можно считать несжимаемым.

Отметим еще одну характерную деталь. В связи с тем, что внешняя поверхность автомобиля обладает сложной геометрической формой, расчеты ведутся в криволинейной системе координат, координатные линии которой совпадают с поверхностью исследуемого объекта. Расчетные сетки в такой системе координат строятся по методу Томпсона, причем могут быть двух- и трехмерные, произвольной связности, с различным распределением узлов в разных частях расчетной области. (Пример сетки показан на рис. 1.) Расчеты выполняются либо по схеме расщепления (развиваемой школой О. М. Белоцерковского) с применением современных методов сопряженных градиентов и ILU-разложения, либо методом ϵ -регуляризации уравнения неразрывности (Соколов А. Г.). Суть их в следующем.

В случае схемы расщепления задается отрезок времени, на котором скорости и давления считаются известными. На каждом следующем временном шаге для поиска скорости и давления используется трехэтапная схема: первый этап — определение промежуточного поля скоростей с учетом только силы вязкости и конвекции; второй — решение уравнения Пуассона для давления; третий — уточнение промежуточного поля скоростей с учетом градиента давления, найденного на

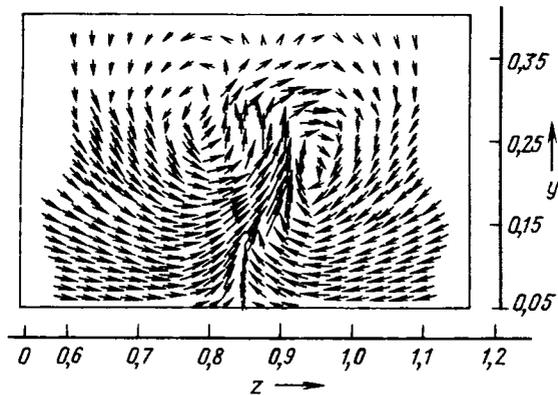


Рис. 3. Вихревые трубки за автомобилем: проекция вектора скорости на плоскость, перпендикулярную движению, для модели ГАЗ-3105

предыдущем шаге. В итоге получается окончательное поле скоростей.

Заметим, что при постановке граничных условий для давления используется хорошо известный метод исключения; для решения уравнения Пуассона — метод разложения Холесского или LDU-разложение (в двумерном случае), либо метод сопряженных градиентов с предварительным преобразованием разностного аналога уравнения Пуассона методом ILU-разложения (в трехмерном случае). Благодаря использованию этих методов уравнение Пуассона, на долю которого приходится большая часть общего времени расчетов, решается очень быстро и с необходимой точностью.

В случае применения метода параболической ϵ -регуляризации в исходное уравнение неразрывности вводится дополнительное регуляризирующее слагаемое. Оно содержит малый параметр, некоторый сжимающий оператор, а также разность давлений на двух последовательных временных шагах. В уравнение движения также вводится сжимающий оператор при разностном аналоге производной по времени. (Именно эти операторы и определяют конкретный вид схемы.) Полученные уравнения во всей расчетной области решаются попеременно треугольным методом.

Схемы регуляризации не требуют постановки условий для давления на границе области и, кроме того, чрезвычайно быстры в смысле числа арифметических операций на каждом шаге по времени, поскольку требуют применения лишь одной итерации попеременно треугольного метода. Это делает их очень эффективными для расчета нестационарных задач.

Рассмотренный метод реализован авторами совместно с А. Г. Соколовым и В. О. Писковским. Задача решалась в системе координат, связанной с автомобилем, и в предположении, что бокового ветра нет. Для скорости задавались следующие граничные условия: на поверхности автомобиля — условие прилипания, т. е. скорость потока равна нулю; на всех «жидких» границах и дороге скорость постоянна («жидкие» границы были отнесены на такое расстояние, на котором, как показывают эксперименты Стеффорда, поток практически невозмущен). На выходной границе ставились «мягкие» условия. (Заметим: влияние граничных условий на выходе сказывается вверх по потоку на расстоянии не более чем в две длины автомобиля, и поэтому, если выходную границу отнести на достаточное расстояние, это влияние можно исключить.)

Описанная методология применена для изучения аэродинамики автомобилей ГАЗ-24-10 и ГАЗ-3105. Для первого использовалась сетка размером $70 \times 49 \times 35$ узлов в трехмерном и 70×49 в двумерном случаях, а для второго — размером $80 \times 49 \times 35$ и 70×49 соответственно в двух- и трехмерном случаях (см. рис. 1). И вот что при этом установлено.

Как при двух-, так и при трехмерном обтекании

автомобиля ГАЗ-24-10 вихревые зоны наблюдаются: на капоте, на крыше и за автомобилем. Причем в случае капота точка отрыва потока располагается недалеко от переднего его края. Затем поток снова прилепает к автомобилю на ветровом стекле. В результате под капотом образуется зона циркулирующего течения. На крыше точка отрыва находится в задней ее части, ближе к багажнику, а точка повторного прилегания меняет свое положение в зависимости от скорости (по мере ее роста смещается от середины заднего стекла к линии соединения его с багажником). Так что здесь тоже есть вихрь, интенсивность и объем которого пропорциональны скорости. Но за автомобилем, как и следовало ожидать, образуются крупномасштабные вихревые структуры — течения, аналогичное дорожке Кармана (рис. 2), складывающееся из двух вихрей. Один из них, вращающийся против часовой стрелки, образуется потоком, вырывающимся из-под днища автомобиля, который и переносит частицы грязи на верхнюю часть облицовки кузова; второй, вращающийся по часовой стрелке, срывается с крыши.

В случае пространственной (трехмерной) модели за автомобилем наблюдаются не просто вихри, но трехмерные вихревые трубки (рис. 3), которые сохраняются в следе на сравнительно больших расстояниях — порядка десятка длин автомобиля. Однако спектральный состав пульсаций (компонент скорости и давления) в потоке около автомобиля всегда сложнее, чем в вихревом следе, поскольку мелкомасштабные вихри у кузова воспроизводятся непрерывно, а в следе быстро затухают.

Обтекание ГАЗ-3105 почти на всем протяжении кузова — безотрывное. Отрывается поток лишь на задней сужающейся части кузова. Поэтому и длина вихревого следа значительно короче, чем у автомобиля ГАЗ-24-10. Проще оказывается и спектр пульсаций скоростей и давления, причем в большинстве точек выделяется частота 0,5 Гц, равная частоте срыва вихрей с задней части кузова. След за ГАЗ-3105 образуют попеременно срывающиеся вихри из-под днища и с образующей задней части кузова; его длина равна трем длинам автомобиля. Преобладают в следе трехмерные вихревые трубки, которые тоже образуют трехмерный аналог вихревой дорожки Кармана с попеременным преобладанием вихревых структур из правой или левой вихревых трубок.

Как видим, математические модели обтекания дают довольно четкие картины. Вопрос лишь в одном: совпадают ли эти результаты с результатами продувок натуральных моделей в трубках и дорожных испытаниях автомобилей? Ответить на него следует положительно. В частности, полученные при численном моделировании процессы вихреобразования наблюдались и при продувках моделей рассмотренных автомобилей ГАЗ, а также моделей европейских автомобилей среднего класса с близкими к ГАЗ-24-10 и ГАЗ-3105 формами. Подтверждают это и работы ряда зарубежных исследователей. Значит, конструктор, пользуясь математическими моделями, может получить достаточно достоверную информацию о полях скоростей и давлений в обтекаемом будущем автомобиле потоке. И, следовательно, решить множество практических задач. В частности, оценить характер загрязнения кузова частицами дорожной грязи, определять направление потока перед радиатором, выбрать места забор и выброса воздуха из салона, вычислять коэффициент аэродинамического сопротивления автомобиля и т. д.

Второй вопрос, который должен неизбежно возникнуть у читателя: когда нужно применять двумерные модели, а когда трехмерные?

Ответить на него несложно: все зависит от цели, которую ставит перед собой исследователь. Так, если результаты нужно получить быстро (в течение нескольких часов), причем получить при помощи ПЭВМ, скажем, типа ИБМ, которые уже есть на всех автозаводах, лучше всего использовать модель двумерную.

Если же нужны более точные данные, придется обратиться к трехмерной модели и более дорогостоящей вычислительной технике средней мощности. Потому что, к сожалению, результаты двух- и трехмерной постановки задачи близки качественно, но существенно различаются количественно. Например, размер вихревых структур, полученных в результате двухмерного моделирования, значительно больше, чем при трехмерном (в последнем случае сказывается взаимодействие вихревых трубок: они уменьшают размеры и мощность вихрей за автомобилем). Коэффициенты аэродинамического сопротивления автомобиля, полученные в разных постановках задачи, также разные. Например, для автомобиля ГАЗ-3105 они отличаются почти в два раза. Та же картина и с распределением давлений.

Таким образом, границы применения двухмерных и трехмерных расчетов при разработке новых моделей можно сформулировать следующим образом. На этапе разработки формы целесообразно использовать сравнительно простую двухмерную модель. Это позволит

быстро оценить «поведение» потока, обтекающего автомобиль, процессы загрязнения и решить вопросы вентиляции без создания натуральной модели и ее продувки в аэродинамической трубе. Если форма автомобиля выбрана, то трехмерная модель позволяет получить уже количественные характеристики обтекания: сопротивление, подъемную силу, момент галопирования, силы и моменты, действующие на автомобиль при боковом ветре, и т. п.

Понятно, конечно, что численное моделирование не может полностью заменить натурные испытания АТС в аэродинамических трубах и дорожные их испытания, но оно резко сокращает их объем. А это говорит уже само за себя.

И в заключение: здесь рассмотрены принципы моделирования внешнего обтекания автомобилей. Но они справедливы и для внутренних воздушных потоков, т. е. наблюдаемых внутри салона, в агрегатах автомобиля и т. д., справедливы для исследования как легковых, так и грузовых АТС.

УДК 621.9:629.113.002.2

РАЗВИТИЕ ТЕХНОЛОГИИ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОБРАБОТКИ НА ГАЗе

Л. Н. БИРБРАЕР

Совершенствование технологии механической обработки — важная составная часть работ, связанных с повышением технического уровня любого машиностроительного производства. Не стал в этом смысле исключением и ГАЗ, причем здесь в последние годы особый упор сделан на автоматизацию механообрабатывающего производства, поиск, разработку и внедрение соответствующих ей новых прогрессивных технологий.

Результат известен: сейчас механообработка на ГАЗе стала наиболее технически оснащенным делом. Тем не менее работа еще далека от завершения. Например, ГАЗ в настоящее время имеет в механообработке 183 автоматических линий, а к 1996 г. их должно стать 456. На 30 % возрастет, по сравнению с нынешним, число автоматов, полуавтоматов и специальных станков.

Такой интерес к автоматизации не случаен. Его истоки — в новых автомобилях ГАЗ-3302, ГАЗ-3307, ГАЗ-4301 и др. Подготовка их производства заставила технологов и исследователей — механообработчиков отойти от старых, стандартных решений, в максимальной степени взять на вооружение наиболее современные и экономичные разработки. Поэтому-то только в последние 5—7 лет на заводе внедрено довольно значительное число автоматических линий, среди них такие, как линии обработки кронштейна сиденья автомобиля ГАЗ-3307, кронштейнов рессор, картера ко-

робки передач грузовых автомобилей, вала сошки рулевого управления, вилки рулевого управления и др.

Создано много новых и усовершенствованы наиболее перспективные методы и технологические процессы механической обработки автомобильных деталей. Об их достоинствах говорит, например, то, что в последние 12 лет 26 разработок получили авторские свидетельства, около 40 награждены медалями ВДНХ СССР, а две заняли первые места на отраслевых конкурсах. При этом нельзя не отметить такую обнадеживающую тенденцию: результаты почти каждой законченной научно-исследовательской разработки внедряются в практику. И не в силу того, что разработчики — люди, способные «пробить» дорогу своим предложениям. А потому, что дело внедрения на ГАЗе неплохо организовано. Например, все интересные предложения обязательно учитываются в годовых планах, в том числе комплексных планах развития науки и техники, известных под названием как «Приказ № 1». Именно в этот приказ включалось все то, что уже оказало значительное и положительное влияние на уровень технологии механической обработки. В качестве примера можно привести внедренные результаты исследований лезвийных инструментов из новых инструментальных материалов на операции механической обработки. В том числе инструментов из новых быстрорежущих сталей, полученных методами порошковой

металлургии, а также из сталей с пониженным содержанием вольфрама, безвольфрамовых твердых сплавов, твердых сплавов с износостойкими покрытиями, сверхтвердых синтетических материалов и т. п. Связанные с разработками и внедрением новшеств затраты, как следовало ожидать, быстро окупались.

Специалисты завода не только самостоятельно занимаются этими вопросами, но и работают с другими организациями и предприятиями. Так, они совместно со специалистами НИИТавтопрома разработали и внедрили методы поверхностного упрочнения режущих инструментов: ионно-плазменным напылением нитрида титана на установках «Пуск», эпиламированием и электроискровой обработкой, а также нанесением одно- и многослойных твердых покрытий. В результате в 1,5—2,5 раза увеличилась стойкость инструментов и, следовательно, значительно снизился их расход.

Заводу удалось решить и еще одну проблему, чрезвычайно важную для автоматических линий, — быстротъемности и взаимозаменяемости инструментов. Добились этого после того, как реализовали идею сборных инструментов, оснащенных точными твердосплавными пластинами. И в настоящее время такие инструменты составляют 30 % всего применяемого на автозаводе твердосплавного инструмента. В перспективе же, когда в строй действующих войдет производство дизелей, доля инструментов с механическим креплением твердосплавных неплетачиваемых пластин должна возрасти до 50 %.

Говоря о сборных инструментах, нельзя не отметить и такую «поведенческую» черту газовских специалистов (может быть, сохранив-

шуются еще со времен первых стахановцев), как отсутствие преклонения перед авторитетами. Думается, именно поэтому им удалось отечественные конструкции режущих инструментов успешно применить на ряде импортных автоматических линий. То есть чисто техническими средствами решить экономическую задачу, связанную с затратами СКВ.

Проблемами из проблем всегда (а в условиях перехода к рынку — особенно) были и есть трудоемкость и качество деталей и узлов автомобилей при лезвийной обработке. И они не остаются без внимания. Примеров тому можно привести много. Это оборудование для высокоточной обработки отверстий методом глубокого сверления, которое в 3—4 раза сократило технологическую цепочку получения отверстий высокого качества в автомобильных деталях; высококоростные процессы обработки корпусных деталей на станках с ЧПУ, базирующиеся на композиционных инструментах с пластинами из кубического нитрида бора, благодаря которым производительность обработки деталей на таких станках возросла в 3—4 раза. Улучшению качества способствовали разработанные и внедренные на заводе технологии двухсторонней одновременной копирной обработки поршневых колец двигателя; процесс получения внутренних резьб в деталях из алюминия и низкоуглеродистых сталей методом пластического деформирования, обеспечивающий высокую стабильность параметров резьбы.

Технологические размерные расчеты механической обработки всегда были весьма непривлекательным для инженеров делом — слишком уж рутинный это труд, хотя и необходимый. На ГАЗе его автоматизировали. Так же, как и протановку операционных размеров. Важно то, что система, решая эти задачи, помогает, кроме того, выбрать наиболее оптимальный вариант механической обработки (маршрут, методы, технологические базы, расчет размеров).

На заводе очень активно занимаются технологией абразивной обработки. К примеру, в последние годы внедрены свыше 300 станков для скоростного (до 50 м/с) шлифования автомобильных деталей, технология электрохимического профильного шлифования твердосплавных сборных червячных фрез, которое в 4 раза производительнее обычного (на опикошлифовальных станках) шлифования. В 1990 г. принята к внедрению разработанная совместно с ЭНИМСом технология электроискрового профилирования алмазных кругов, используемых для профильного шлифования деталей.

К прогрессивным по смыслу и результатам следует отнести и технологию плосковершинного хонингования зеркала цилиндра дизеля ГАЗ-542, нанесение твердых смазок на абразивный круг при изготовлении и заточке металлорежущего инструмента, позволяющее снизить шероховатость рабочих поверхностей, исключить прижоги, повысить его стойкость на 15—20 %, притирку поршневых колец в алмазных гильзах. Из этого же класса — высокопроизводительные процессы правки шлифовальных кругов сложного профиля фасонными алмазными роликами, что обеспечило повышение качества обрабатываемых поверхностей деталей, замена зарубежного инструмента на отечественный (в частности для хонингования блока шестерен и для глубинного шлифования профилей сверл).

Внедрен на заводе оригинальный процесс полирования ряда автомобильных деталей и деталей велосипеда «Школьник». Применяемый инструмент — лепестковые абразивные круги, а не полировальная лента. В результате такой замены существенно сократилось время обработки деталей, стабильно обеспечивается требуемая шероховатость поверхности.

Расширение номенклатуры обрабатываемых материалов, как видим, увеличило многообразие применяемого оборудования в процессах механической обработки металлов резанием. Оно потребовало новых СОЖ, методов их фильтрации, очистки и регенерации. Ведь от этого зависят производительность обработки, качество деталей, стойкость инструмента, срок службы самих СОЖ. Не будет преувеличением сказать, что на ГАЗе и в данной области сделано немало.

Например, бесбросовая система эксплуатации СОЖ с повторным использованием продуктов последней. Система не только сокращает расход эмульсола и технической воды, но, что не менее важно, исключает сброс нефтепродуктов в сточные воды. Разработка — чисто газовская, созданная в стране впервые и получившая распространение на десятках машиностроительных предприятий.

Есть на автозаводе и своя технология восстановления и использования отработанных неочищенных масел с присадками МР-4, МР-5у, МР-99 и др., благодаря которой резко (на 1,5 тыс. т в год) сокращен расход чистых промышленных масел, а также сульфоре-зола.

Большая заслуга исследователей ГАЗа и в том, что при выполнении таких финишных операций, как хонингование, суперфиниширование и полирование, практически полно-

стью исключено применение керосина: вместо него теперь используются рабочие жидкости типа РЖ.

Говоря о перспективах механообрабатывающего производства ГАЗа, следует остановиться на тех проблемных работах, которые предстоит завершить в ближайшем пятилетии. Это технология и оборудование для точарного протягивания деталей; замена бесцентрового шлифования на точение, совмещенное с поверхностным пластическим деформированием; разрезка проката на мерные заготовки биметаллическими ленточными пилами; изготовление и промышленные испытания деталей со специально обработанным микрорельефом поверхности отверстий, что позволит отказаться от бронзовых втулок, ныне устанавливаемых в эти детали; конструкции специальных сборных фрез для охватывающего фрезерования колеччатых валов дизеля; кальциевые конструкционные стали улучшенной обрабатываемости; высокоскоростная обработка корпусных деталей из чугуна и алюминия лезвийным инструментом на основе кубического нитрида бора и режущей керамики; высокопроизводительные процессы глубинного шлифования деталей дизеля, шлифования распределительных валов с отбеленными кулачками и т. д.

Все перечисленное выше относится непосредственно к механообработке, однако ни одно производство не обходится без технической документации. О масштабах работы в этом направлении говорят такие факты. Только за последние пять лет на заводе разработаны и выпущены в свет руководящие материалы по технологии механической обработки, протягиванию шлицевых отверстий, правке шлифовальных кругов; назначению новых марок быстрорежущих сталей для режущих инструментов; справочники по технологии резьбообразования (переработанное издание) и алмазному хонингованию; стандарт предприятия «Технологичность конструкций деталей, обрабатываемых резанием» и отраслевой стандарт «Операционные размеры. Методика расчета операционных размеров».

В заключение следует отметить следующее. Авторы ограничились, по существу, лишь перечислением успехов в области механической обработки на ГАЗе. Получилось это потому, что объем сделанного только в последние годы настолько велик, что уложить его в одну публикацию невозможно. Во-вторых, авторам как участникам многих событий трудно выделить то, что представляет интерес для читателей. Поэтому они надеются, что вопросы, которые нужно раскрыть полнее, подскажут читатели.

КОНТРОЛЛЕРЫ И ДИАГНОСТИКА ОБОРУДОВАНИЯ

П. А. ВЕРШИНИН
ПО «ГАЗ»

Горьковский автозавод имеет высокоразвитое собственное станкостроение. Он изготавливает литейное, металлорежущее, кузнечно-прессовое, сборочное, контрольно-измерительное оборудование, стенды входного контроля электро- и электронных устройств, причем на достаточно современном уровне, с использованием в системах управления отечественных и зарубежных программируемых контроллеров. Как правило, положения перемещаемых механизмов в таких системах контролируются контактными и бесконтактными выключателями.

Программируемые логические контроллеры позволяют диагностировать механизмы с выводом информации на цифровой дисплей, дающий возможность практически мгновенно определить причину и место сбоя в технологическом процессе, а в режиме «Наладка» найти конечный выключатель, находящийся не в исходном состоянии.

Рассмотрим один из принципов организации диагностики на базе таких контроллеров и построения программы.

Каждый механизм комплекса технологического оборудования в процессе выполнения цикла работы либо находится в определенном положении («спереди» или «сзади»), либо перемещается из одного в другое. Программа и обеспечивает контроль за положением, т. е. «следит» за правильностью состояния конечных выключателей каждого механизма в моменты времени (такты), когда механизм неподвижен, причем данное его состояние является условием для разрешения движения других механизмов, а также контролирует время перемещений любого механизма. Время начинает отсчитываться лишь тогда, когда есть все условия для движения. В случае же отсутствия какого-либо из этих условий (например, неправильное состояние конечного выключателя неподвижного механизма) или при фиксации времени, большего, чем отведено на движение, на цифровом дисплее высвечивается соответствующий

Код неисправности	Включенный такт	Причина неисправности	Конечный выключатель (положение каретки)
05	T0 T2; T3; T4; T5	Нет ВП1 Есть ВП1	ВП1 (исходное)
06	T2; T3; T4; T5; T0	Нет ВП2 Есть ВП2	ВП2 (вперед)
07	T0; T1; T6; T3; T4	Нет ВП3	ВП3 (внизу)

к к

код, состоящий из четырех цифр. Первые две обозначают номер отрабатываемого такта (при контроле по положению это номер конечного выключателя, а при контроле по времени — состояние выключателей, контролирующих данное перемещение), две другие — причину неисправности.

В качестве примера рассмотрим условный механизм «Каретка», который может двигаться «вперед — назад», «вверх — вниз», «влево — вправо», т. е. работает по циклу, показанному на рис. 1, где ЭМ — электромагнит, обеспечивающий движение; ВП — путевой выключатель, контролирующий положение механизма; обозначение ВП1 → ВП2 указывает на то, что механизм в процессе данного движения съезжает с ВП1 и наезжает на ВП2; а соответствующий T — фиксируемый такт цикла. Возможные неисправности, характерные для этого цикла, приведены в табл. 1 (контроль по положению) и табл. 2 (контроль по времени). Здесь «Нет ВП» означает: выключатель в состоянии логического нуля, «Есть ВП» — выключатель в состоянии логической единицы.

Проанализируем первую из таблиц. Допустим, на дисплее высветился код «0305». Это значит, что включен такт T3. Выключатель ВП1, который должен находиться в состоянии логического нуля, находится в состоянии логической единицы. Отсюда вывод: неисправен либо сам выключатель, либо модуль входов программируемого логического контроллера с адресом ВП1. Для определения этого используется светодиод с адресом ВП1 или, при необходимости, измеряется напряжение на данном входе контроллера.

При рассмотрении неисправностей по времени (табл. 2) надо иметь в виду: последующее движение может начаться только после включения соответствующего так-

та, характеризуемого съездом с одного конечного выключателя и наездом на другой.

Например, на дисплее высветился код 0101. Две первые цифры говорят о том, что не выполнилось движение каретки вперед, а две вторые — каретка не струнулась с места. Наиболее вероятная причина — неисправность в работе ЭМ1 или модуля выходов контроллера с адресом ЭМ1. Для установления того, что конкретно произошло, применяется светодиод контроллера с адресом ЭМ1 и измеряется напряжение на самом электромагните. Две вторые цифры (02) на дисплее означают: каретка съехала с ВП1, но на ВП2 не наехала. Причиной могут быть поломки как ЭМ1, так и модуля выходов или приводного механизма. Причем такая поломка произошла после начала движения каретки вперед. Если же каретка дошла до конца данного движения, значит, неисправен ВП2 или модуль входов. По такому же принципу анализируется и код 03. Код неисправности 04 свидетельствует о том, что каретка съехала с ВП1 и наехала на ВП2, но следующий такт не включается по вине контроллера.

На рис. 2 представлена мнемоническая схема условного технологического оборудования, состоящего из трех механизмов. Для каждого из них предусмотрена лампа индикации (1, 2 и 3), сигнализирующая (светится) в следующих случаях: сработал контроль по времени или по положению; в режиме «Наладка» механизм не находится в исходном положении. Справа на схеме показан переключатель вывода на цифровой дисплей информации о конкретном механизме. При этом, если, скажем, мигает лампа 1, то для определения причины неисправности переключатель нужно установить в положение 1.

В заключение отметим, что реализация рассмотренного принципа

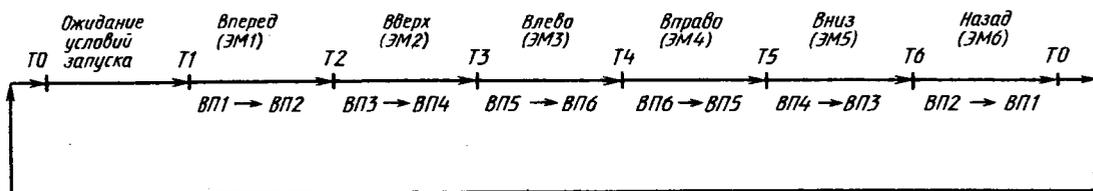


Рис. 1

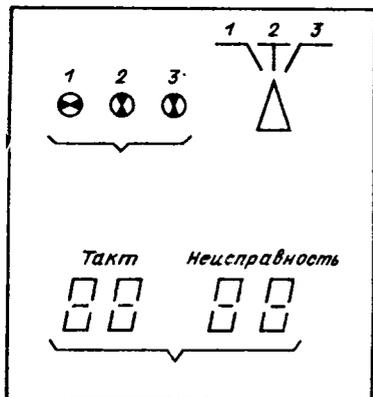


Рис. 2

построения систем управления, фактически не требуя дополнительных аппаратных средств контроллера, выполняется за счет увеличения объема программируемой и оперативной памяти, а также числа используемых таймеров. Для орга-

Включенный такт	Код неисправности	Состояние конечных выключателей	Перемещение каретки (электроматрица, обеспечивающий перемещение)
T1	01	Есть ВП1, нет ВП2 Нет ВП1, нет ВП2 Есть ВП1, есть ВП2 Контроллер	Вперед ВП1→ВП2 (ЭМ1)
	02		
	03		
	04		
T2	01	Есть ВП3, нет ВП4 Нет ВП3, нет ВП4 Есть ВП3, есть ВП4 Контроллер	Вверх ВП3→ВП4 (ЭМ2)
	02		
	03		
	04		
T3	01	Есть ВП5, нет ВП6 Нет ВП5, нет ВП6 Есть ВП5, есть ВП6 Контроллер	Влево ВП5→ВП6 (ЭМ3)
	02		
	03		
	04		

низации цифрового дисплея используются арифметические команды с параллельными кодами.

Такие системы сокращают сроки ввода в эксплуатацию и время простоев дорогостоящего оборудования. Кроме того, подключение их к системе управления второго уров-

ня (например, персональному компьютеру) позволит осуществлять статистический анализ работы технологического оборудования, выявлять его слабые места, организовывать профилактический ремонт, определять степень загруженности и т. д.

УДК 629.113.012.5.002.72:621.791.03

КОМБИНИРОВАННЫЕ РАЗЪЕМНЫЕ МАСТЕР-МАКЕТЫ

В. А. НОСОВ, Г. И. ЗАХАРОВ
ПО «ГАЗ»

Кузов автомобиля собирается в основном из штампованных деталей, для которых характерны значительные габаритные размеры, небольшая толщина стенок, сложность пространственных форм, малые крутильная и изгибная жесткости. Для повышения точности соединения их в кузов, производительности операций, облегчения условий труда сборщиков, безопасности работ применяют сборочно-сварочные приспособления.

Эти приспособления обеспечивают взаимную ориентацию отдельных деталей перед сваркой, позволяют в определенной степени компенсировать погрешности штамповочного процесса (развал деталей, пружинение и т. п.), частично (а иногда и полностью) — отклонения, накапливаемые по размерной цепи.

Однако все это — лишь в идеале, т. е. когда и детали изготовлены без слишком больших отклонений от чертежа, и сборочно-сварочные приспособления сохраняют свои исходные параметры во времени. Но на практике, особенно в массовом автомобильном производстве, такого, к сожалению, нет.

Так, штампы постепенно изнашиваются и в силу этого все больше теряют способность сохранять первоначально достигнутое при их изготовлении и наладке качество

деталей. Конечно, восстановительные ремонты штамповой оснастки снижают остроту вопроса. Но — не решают его в целом, поскольку активный контроль и оперативное вмешательство (как, например, при механической обработке деталей) в данном случае зачастую просто невозможны. Поэтому по мере выпуска продукции в различных зонах каждой очередной штампованной детали геометрические погрешности растут, а потом и перестают укладываться в допуски. Зная об этом, конструкторы отрабатывают конструкции на технологичность, предусматривают меры, способствующие компенсации штамповочного процесса (например, вводят в конструкцию детали компенсаторы); технологи выбирают рациональную схему базирования деталей в сборочно-сварочных приспособлениях.

Вносят свой отрицательный «вклад» и сами сборочно-сварочные приспособления. Их, разумеется, стараются изготовить с возможно большей точностью, своевременно проверять и ремонтировать. Однако у них есть, можно сказать, органический недостаток — недостаточная жесткость, вследствие чего они сравнительно быстро теряют точность геометрических параметров со всеми вытекающими отсюда последствиями

для точности сборки-сварки кузовов автомобилей.

Данная особенность сборочно-сварочных приспособлений известна с момента их появления. Поэтому и средство борьбы с ней тоже хорошо известно. Это так называемый мастер-макет, т. е. своего рода измерительный шаблон, рабочая поверхность которого выполнена в соответствии с конструкторской документацией на соответствующую теоретическую поверхность кузова.

Первые мастер-макеты по вполне понятным причинам были деревянными, армированными листовым металлом. Однако теперь, когда выпуск автомобилей стал действительно массовым, а требования к геометрии кузова резко возросли, такие мастер-макеты уже не удовлетворяют производство: у них недостаточные долговечность и способность сохранять форму и размеры, жесткость, большая зависимость от окружающей среды (температуры и влажности воздуха). Капитальные же ремонты, как бы часто они ни повторялись, не обеспечивают не только стабильность геометрических параметров макетов от ремонта к ремонту, но и их начальные геометрические параметры.

На ГАЗе проблему решили, разработав комбинированные мастер-макеты разъемной конструкции, у которых каркас металлический, а съемные шаблоны пластмассовые (такие мастер-макеты изготовлены для кузовов и кабин автомобилей ГАЗ-53А, ГАЗ-66-01, ГАЗ-24-10, ГАЗ-3102, ГАЗ-3307).

Каркас нового мастер-макета представляет собой сварную конструкцию, выполненную из облегченных (толщина стенки — 2,5 мм) уголков и швеллеров. На каркасе, в местах установки узлов фиксации кузовных деталей, привариваются металлические пластики, которые одновременно играют роль усилителей каркаса.

На каркас крепятся съемные шаблоны, имитирующие теоретические поверхности основания и базовых элементов сборочно-сварочных приспособлений. Они металлические. Шаблоны же, имитирующие остальные теоретические поверхности кузова, тоже съемные, но пластмассовые.

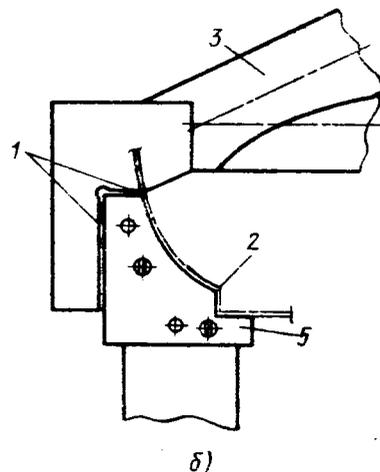
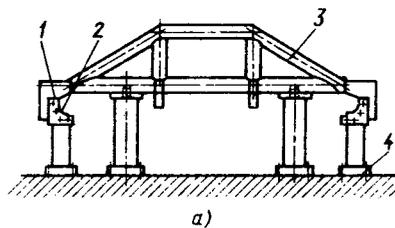
Все съемные шаблоны в определенном смысле универсальные. Их основное назначение — контроль геометрии сборочно-сварочных приспособлений на линиях сборки-сварки кузовов. Однако шаблоны используют и для наладки сборочно-сварочных приспособлений. Для этого в их конструкции предусмотрены элементы базирования на плитах приспособлений.

Для повышения точности и снижения трудоемкости изготовления металло-пластмассовых мастер-макетов на ГАЗе применяется оригинальная (а. с. № 698825, СССР) технология, основным элементом которой — трехкоординатная электронно-измерительная машина, при чьей помощи удается компенсировать погрешности изготовления составляющих частей мастер-макета, а при необходимости — делать мастер-макеты с коррекцией на наладочный зазор между поверхностями мастер-макета и сборочно-сварочного приспособления.

(Возможность наладки по данному зазору снижает требуемую точность изготовления приспособлений, поскольку при этом исключается вероятность сдвига подвижных частей приспособлений после снятия мастер-макета.)

Коррекция мастер-макета на наладочный зазор производится при его изготовлении — путем смещения шаблона на величину компенсации, равную этому зазору. Благодаря ей точность изготовления сборочно-сварочных приспособлений повышается примерно в 2 раза и приближается к теоретическим поверхностям кузовной конструкции, носителем которой в данном случае является совокупность мастер-моделей. Однако при повышении эстетических требований к кузову (равномерность зазоров и пр.) могут возникнуть случаи, когда даже такой точности исполнения недостаточно. И здесь на ГАЗе исходили из таких соображений.

Точность выполнения любой ра-



Проверка сборочно-сварочного приспособления:

1 — поверхности контроля; 2 — поверхность прилегания детали кузова; 3 — мастер-макет; 4 — сборочно-сварочное приспособление; 5 — блок

боты, как известно, тем выше, чем меньше в ней вспомогательной технологической оснастки (поэтому каждая операция и каждая единица оснастки имеют свои допуски). Значит, чтобы уменьшить итоговую сумму этих допусков, нужно сократить и то и другое.

Результат этих соображений — безмакетное изготовление сборочно-сварочных приспособлений, впервые опробованное на автозаводе в 1986 г. Как показал опыт, возможны два варианта безмакетной технологии — в зависимости от метода проектирования кузовных конструкций.

Например, при традиционном плазово-шаблонном методе проектирования, при котором эталоном поверхности кузовной детали является мастер-модель, информацию о геометрических параметрах блоков сборочно-сварочных приспособлений можно получить измерением в трех координатах границ расположения этих блоков согласно разработанной схеме базирования. Полученные данные затем используются для автоматизированного проектирования, а также изготовления приспособлений с применением оборудования с ЧПУ. При втором варианте основой как для автоматизированного проектирования приспособлений, так и для их изготовления

на станках с ЧПУ служит математическая модель поверхности кузовной конструкции.

Проблема периодического контроля геометрических параметров приспособлений тоже имеет два решения. Первое из них — косвенный контроль. При нем кузовные конструкции, получаемые в сборочно-сварочных приспособлениях, периодически измеряются при помощи трехкоординатных электронно-измерительных машин. По результатам измерений выявляются зоны отклонений и определяются блоки приспособлений, подлежащие ремонту или замене. Но при этом, естественно, нужна определенная технология их ремонта.

Второе решение применяет французская фирма «Сиак-Индустри». Согласно ему каждый блок сборочно-сварочного приспособления имеет три точно обработанные ортогональные поверхности, связанные с рабочей поверхностью данного блока. Небольшая электронная трехкоординатная измерительная машина, устанавливаемая на специальную плиту сборочно-сварочного приспособления, контролирует не рабочую поверхность блока, а именно триэдр.

Изготавливают приспособления здесь тоже с привлечением трехкоординатной измерительной машины. И точность при этом оказывается выше, чем при макетном варианте. Однако проверка одного приспособления занимает не менее 4—5 ч. А так как в сборочных линиях свыше сотни станций, то понятно, что в действующем производстве такой вариант неприемлем: простой линий не окупится точностью проверок.

Более выгоден способ, предложенный на ГАЗе (а. с. 1613290). Его суть: проверка выполняется по макету, рабочие поверхности которого имитируют триэдры блоков сборочно-сварочного приспособления (см. рисунок).

Все, что сделано на ГАЗе по методам повышения точностных параметров сборочно-сварочных приспособлений, позволило заметно улучшить собираемость и качество сварных конструкций, снизить объем рихтовочных работ на линиях сборки-сварки. Выявились и чисто производственные преимущества сделанного. В частности, металло-пластмассовые мастер-макеты разъемной конструкции дали возможность отказаться от мастер-макетов, предназначенных только для проверок действующего оборудования и только для наладки сборочно-сварочной оснастки. Доказано также: более высокие показатели качества кузовов достигаются при обработке рабочих поверхностей сборочно-сварочной оснастки на оборудовании с ЧПУ и т. д.

ПОРИСТО-ВОЛОКНИСТАЯ КЕРАМИКА

Канд. техн. наук Е. Б. БЕНДОВСКИЙ
ИПО «Автопромматериалы»

В настоящее время в конструкциях автотранспортных средств все чаще используется так называемая пористая керамика, т. е. композиционные материалы с волокнистой составляющей. В качестве последней могут применяться как кристаллические (нитевидные монокристаллы, поликристаллы) волокна, так и волокна аморфного строения (например, стеклянные). Причем стекловолокно предпочтительнее: оно недефицитно, дешевле и гораздо прочнее, более термостойко, чем кристаллическое, особенно если стекловолокно муллитокремнеземистого состава. Такое волокно состоит из оксида кремния и оксида алюминия (со-

отношение 1:1); длина каждого отдельного волокна — 3—4 мм, диаметр — 2—3 мкм.

В этом волокне, кроме оксидов, допускается (согласно ГОСТ 23619-79) наличие любого количества неволоконистых включений. Но обязательно в виде глобул, размеры 97 % которых не должны превышать 500 мкм. Предел прочности волокна при растяжении не должен быть меньше 1700 МПа (17 000 кгс/см²), а модуль нормальной упругости (Юнга) — $103 \cdot 10^3$ МПа ($103 \cdot 10^6$ кгс/см²).

Таким образом, строение стекловолокна оказывается достаточно сложным, что, безусловно затрудняет налаживание его массового

производства, делает это производство дорогим. Выход — в поиске дешевых высокопроизводительных технологий обогащения волокна и приготовления из него пористой керамики.

Именно таким поиском занялись в свое время специалисты ИПО «Автопромматериалы». И поиск оказался небезрезультатным: им удалось на основе стекловолокна муллитокремнеземистого состава создать керамический материал волокнистого строения, пригодный для использования в различных композициях, технологию приготовления деталей из него.

В ходе исследований сначала получили чисто керамические детали с очень высокой пористостью (70—90 % поверхности) и пределом прочности при сжатии 0,2—1 МПа, или 2—10 кгс/см². Затем керамику соединили с алюминиевым сплавом АЛ30 (который традиционно используется в качестве матричного материала).

Изделия, полученные на основе этой композиции, по всем свойствам (см. таблицу), кроме предела прочности при растяжении (при комнатной температуре), превосходят сплав АЛ30. Это говорит о том, что стекловолокно муллитокремнеземистого состава позволит создать перспективные матричные материалы с улучшенными свойствами.

Материал	Предел прочности при растяжении, МПа (кгс/см ²), при температуре, К (°С)		Твердость НВ	Время до разрушения, ч, при пределе прочности 3,5 МПа (35 кгс/см ²), температуре 623 К (350 °С)	Термостойкость, число циклов	Износ, усл. ед.
	293 (20)	623 (350)				
Сплав АЛ30	200 (2000)	80 (800)	90—100	15	600	100
Композиция	200 (2000)	110—140 (1100—1400)	140—160	50	1000	10

ОТВЕТЫ НА ПИСЬМА ЧИТАТЕЛЕЙ

УДК 025.4.036

ИАС ЯЗДА. ИНТЕГРИРОВАННАЯ ИНФОРМАЦИОННО-ПОИСКОВАЯ ПОДСИСТЕМА¹

Кандидаты техн. наук А. Н. ТАРАСОВ, А. В. КОМИССАРОВ
ЯЗДА

Техническая подготовка производства (ТеПП) на современном машиностроительном предприятии по своему содержанию, в том числе и с точки зрения ее информационного обеспечения, — одна из наиболее сложных систем. Однако, несмотря на внедрение на заводах самых разных АСУ, до сих пор используется много трудоемких ручных операций. Особенно при подготовке, обработке, передаче, хранении и поиске информации. Это увеличивает сроки создания и внедрения новых изделий, снижает качество принимаемых проектных решений и т. д. Именно поэтому специалисты ЯЗДА автоматизацию всех сторон ТеПП считали и считают одной из актуальнейших задач. И прежде всего таких сторон, как обеспечение информационного единства конструкторской, технологической и организационно-экономической подготовки производ-

ства; универсальность и гибкость методов построения информационных моделей объектов проектирования и управления; возможность общения с подсистемой пользователя со средним уровнем подготовки.

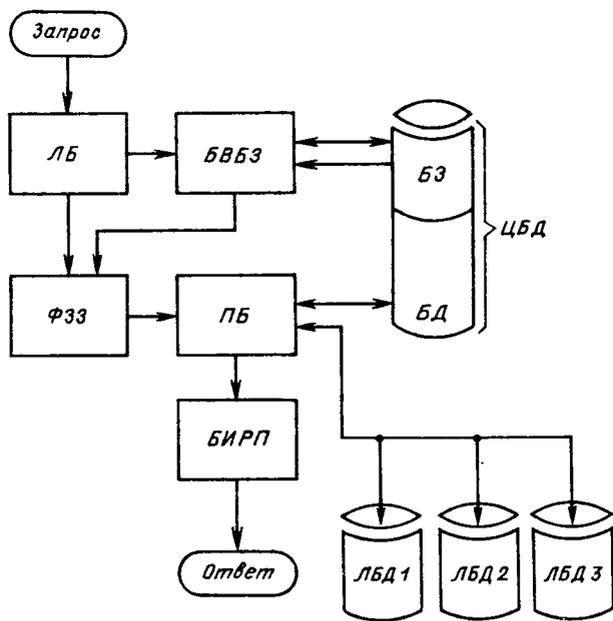
При разработке подсистемы информационного обеспечения ТеПП на ЯЗДА ориентировались на интеллектуальные методы доступа к интегрированным банкам данных, а также базы знаний и системы, близкие к системам искусственного интеллекта. Причем старались обеспечить как пакетный, так и диалоговый режимы взаимодействия пользователя с подсистемой.

Чтобы решить задачу интеграции и автоматизации всех работ по ТеПП, как и во всех других подсистемах ИАС ЯЗДА, используется концепция локализованных поверхностей, которые являются основными элементами информационной структуры предприятия. Информация хранится в центральной базе данных (ЦБД) подсистемы ТеПП в виде двух взаимосвязанных компонентов — базы знаний (БЗ) и собственной базы данных (БД). (Это деление, конечно, весьма условно и соответствует двум уровням представления знаний в информационном обеспечении ТеПП: обобщенному и конкретному. Но именно исходя из него и строится логическая структура центральной базы данных всей системы ТеПП.)

Главный элемент интегрированной информационно-поисковой подсистемы ТеПП — центральная база данных. Она состоит из файлов двух типов.

Во-первых, из системного файла-справочника, предназначенного для управления сетевой семантической моделью предметной области системы ТеПП, для при-

¹ Продолжение. Начало см. «АП», 1990 г., № 10; 1992 г., № 3, 6 и 7.



вязки полей запросов к полям файлов баз данных и содержащего описание объектов и их свойств, связей, взаимосвязей и отношений, а также информацию об уровне допуска и др.

Во-вторых, из файла-информационной сетевой семантической модели, предназначенного для описания объектов реальной технической подготовки производства, их свойств и отношений. Этот файл представляет собой расструктурированную базу данных, все реквизиты в которой расположены в отдельных записях, имеющих между собой адресные связи. Это дает возможность, не изменяя программное обеспечение, добавлять любое количество новых реквизитов в ЦБД. А такая необходимость есть. Ведь в процессе технической подготовки производства могут возникнуть изменения в предметной области, требующие изменения состава и логической структуры информации, хранящейся в ЦБД. Они (изменения) могут быть связаны, например, с выпуском новой, нетрадиционной для данного предприятия продукции, расширением состава задач, решаемых в автоматизированной системе технической подготовки производства, а также степенью интеграции подсистемы с другими автоматизированными подсистемами. Отсюда следует, что ЦБД — это непрерывно эволюционирующий элемент информационно-поисковой подсистемы. Причем эволюционирующий не только в количественном, но и в структурном отношении.

В свою очередь, изменения в предметной области могут повлечь за собой изменения в сетевой семантической модели (такие, например, как изменение объекта или свойства в этой модели, добавление в нее объекта или свойства, удаление из нее объекта или свойства и т. д.). То есть в любой момент времени существования ЦБД возможно изменение не только входящих в нее данных, но и ее схемы, отражающей ее логическую структуру.

Все эти модификации выполняются за счет коррекции системного файла-справочника, но без непосредственного физического перемещения данных в ЦБД. Для этого предусмотрен механизм управления структурой и параметрами сетевой семантической модели, отражаемой в ЦБД, причем корректировка файла-справочника может выполняться как в диалоговом, так и в пакетном режимах.

Далее. Пользователь будет охотно работать с любой АСУ лишь при условии, если имеет возможность легко, с использованием привычной терминологии, формулировать сложные запросы и не заботиться

о том, в каких файлах и каких реквизитах хранится интересующая его информация. В рассматриваемой подсистеме такая возможность есть: в ней автоматизированно формируются любые нерегламентированные запросы пользователя к ЦБД. Такую возможность обеспечивает то, что знания о предметной области в подсистеме задаются семантической сетью в качестве языка запросов используется формальный язык, базирующийся на понятии фрейма запроса-заказа.

Информационное обслуживание конечного пользователя в подсистеме организуется следующим образом (см. рисунок).

Лингвистический блок (ЛБ) формирует фрейм запроса-заказа в терминах предметной области технической подготовки производства. Блок взаимодействия с базой знаний (БВБЗ) предоставляет необходимую информацию о структуре предметной области, основных объектах, их свойствах и связях, а также привязывает запросы пользователя к конкретным файлам и реквизитам ЦБД.

Сформированный фрейм запроса-заказа (ФЗЗ) отображает структуру и характер информационных потребностей пользователя и, взаимодействуя с центральной и локальными базами данных (ЦБД и ЛБД), выдает информацию в поисковый блок (ПБ). Последний интерпретирует фрейм запроса-заказа в командной системе управления базой данных (ЦБД и ЛБД) и выдает список найденных записей блоку интерпретации результатов поиска (БИРП). Этот блок и выводит результаты в удобном для восприятия пользователем виде.

Для успешного функционирования автоматизированной системы подготовки производства чрезвычайно важно, чтобы базы данных, особенно ЦБД, накапливали информацию о производственной среде и отслеживали изменения этой среды в реальном масштабе времени. Иными словами, для успеха дела нужно, чтобы базы данных были полным отражением предметной области технической подготовки производства, информационной моделью, адекватно описывающей все процессы, которые происходят в производстве. Поэтому формирование исходной информации, обеспечения достоверности этой информации и соответствия ее внешним изменяющимся условиям — одна из главных забот. И решения здесь найдены.

Поскольку информационной единицей в системе служит локализованная поверхность, информация, находящаяся в ЦБД, представляет собой набор карт анализа конструкторско-технологической документации конкретного производства, заполненных на основе таких единиц. Теперь допустим, что работа должна идти в многопользовательском режиме. Для этого в подсистеме предусмотрен ввод карты анализа в ЦБД с экрана дисплея пользователя. Но пользователь работает с видеокамерами, которые отображают структуру и содержание карты анализа в привычных для него терминах. Заполнив все соответствующие графы и строки карты, он может ввести информацию непосредственно в ЦБД. И последняя воспримет ее уже переведенной в приемлемые для себя информационные единицы (локальные поверхности).

Для того чтобы передавать в ЦБД данные из проектирующих подсистем (САПР-ТП, САПР-К), тоже предусмотрен автоматический режим ввода информации (из специфического последовательного файла, который готовится средствами этих подсистем).

Есть в подсистеме и возможность санкционированного просмотра, корректировки и удаления информации, имеющейся в картах анализа ЦБД. Для этого и разработана система уровней доступа и паролей, обеспечивающая безопасность логической и информационной достоверности базы данных, которая позволяет пользователю работать опять-таки с привычными ему терминами и понятиями предметной области.

В процессе технической подготовки производства

неизбежно появляется потребность получить весь технологический процесс либо в виде выходного документа, либо его части (например, с целью анализа и корректировки хранящейся информации). Чтобы вывести из ЦБД то или другое, причем в интересующем пользователя объеме, в подсистеме предусмотрена возможность нескольких ее специальных сортировок (по цеху, операции, переходу). После сортировок технологический процесс формируется в специальный последовательный файл, анализируется и корректируется с последующим формированием (в случае корректировки) файла для загрузки в ЦБД.

Таким образом, в ИАС ЯЗДА центральная база данных служит, во-первых, хранилищем всех технологических процессов предприятия и, во-вторых, средством отслеживания изменений в них в реальном масштабе времени. В итоге технолог получает возможность непосредственно на экране терминала видеть информацию об изменениях производственной ситуации и немедленно реагировать на нее соответствующим изменением технологического процесса в ЦБД, а пользователи информации, хранящейся в ЦБД, в свою очередь, — возможность отреагировать, причем тоже в реальном масштабе времени, на эти изменения.

ИНФОРМАЦИЯ

ИЗ ИСТОРИИ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАУКИ



УДК 92:629.113(092)

В. О. ГОРДОН
(1892—1971 гг.)

Исполняется 100 лет со дня рождения Владимира Осиповича Гордона, профессора, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, основателя кафедры начертательной геометрии и инженерной графики Московского автомеханического института.

В. О. Гордон родился в 1892 г. В 1910 г. он окончил с золотой медалью гимназию и в этом же году успешно выдержал конкурсные экзамены для поступления на механическое отделение Московского высшего технического училища (МВТУ). Однако завершить высшее образование ему удалось лишь в 1924 г.: перерыв был вызван заботой о заработке на жизнь и призывом в армию. В эти годы В. О. Гордон давал частные уроки, преподавал математику на курсах по подготовке к экзаменам на аттестат зрелости и на курсах рабочих, работал токарем, чертежником, техником на заводах, шофером-механиком (во время войны 1914—1918 гг.), преподавал черчение на одном из Московских рабфаков.

Инженерная и научно-исследовательская деятельность В. О. Гордона после окончания МВТУ протекала в области стандартизации чертежей. С 1925 по 1932 г. он работал в бюро стандартизации металлопромышленности при ВСНХ СССР, а затем во Всесоюзном комитете стандартов.

В. О. Гордон стоял у истоков создания системы государственных стандартов в области составления и оформления чертежей. Им был разработан ряд проектов Государственных стандартов, внедренных на предприятиях машиностроения, в том числе и автомобилестроения. В дальнейшем эти стандарты были включены

в сборник стандартов «Чертежи в машиностроении».

Его деятельность в этом направлении продолжалась и в последующие годы, после перехода на педагогическую работу в высшую школу. В меру своих сил в последние годы жизни профессор Гордон принимал активное участие как консультант в создании Государственных стандартов единой системы конструктивной документации (ЕСКД), разработка которых была завершена в 1968 г.

Особое место в жизни В. О. Гордона занимала педагогическая деятельность. Начал он ее, как упоминалось, с частных уроков по математике, физике и латинскому языку. Однако с 1924 г. стал преподавателем-профессионалом: вел начертательную геометрию и черчение в индустриально-педагогическом институте, МВТУ, в Московском механическом институте имени М. В. Ломоносова и др.

В 1932 г. на базе последнего был создан автомеханический институт. В нем В. О. Гордон руководил кафедрой начертательной геометрии и черчения. После закрытия в 1936 г. автомеханического института он работал в других высших учебных заведениях в должности заведующего кафедрой.

В 1946 г. профессор В. О. Гордон вернулся в автомеханический институт (вновь созданный в 1939 г.) и до конца своих дней руководил кафедрой начертательной геометрии и инженерной графики.

Таким образом, всю свою научно-педагогическую деятельность он посвятил делу подготовки инженерных кадров.

Но роль В. О. Гордона значительно больше. Он считал и провозглашал начертательную геометрию и черчение первоосновой общинженерной подготовки специалистов. Более того, делал все, чтобы они стали такой первоосновой. Об этом говорят свыше 60 написанных им научных работ, в том числе учебники и учебные пособия, по которым обучались и обучаются многие поколения инженеров машиностроительных отраслей промышленности. Признанием заслуг в области методики преподавания является многократное переиздание его учебников у нас в стране и за рубежом (на английском, китайском и других языках мира).

За большие заслуги в области высшего образования и научно-исследовательской работы по стандартизации чертежей в машиностроении В. О. Гордону в 1935 г. — первому в стране — было присвоено ученое звание «профессор» по кафедре «Техническая графика», а в 1963 г. звание «Заслуженный деятель науки и техники РСФСР».

В. Д. САМИЛКИН
МАМИ 37

В настоящее время автомобилестроители вновь начинают проявлять интерес — из-за проблем парковки в городах — к малогабаритным двухместным АТС.

Их разработкой и выпуском занимаются фирмы «Текоплан» (ФРГ), «Аиксем», «Ерад», «Микрокар» (Франция), «Пьяджо» (Италия).

Так, наиболее интересный из них — автомобиль «Лео», разработанный фирмой «Текоплан». Его габаритная длина 2495 мм, снаряженная масса 450 кг. Он оснащен четырехцилиндровым двигате-

лем рабочим объемом 720 см³ и мощностью 22,8 кВт (31 л. с.), обеспечивающим автомобилю скорость до 130 км/ч и средний расход топлива 4,5 л на 100 км. Двигатель агрегатируется либо с бесступенчатой коробкой передач, либо — с четырехступенчатой механической. Кузов выполнен из углепластика и установлен на трубчатой раме.

Как считает автор доклада «Автомобиль будущего», недавно опубликованного в Лондоне, в течение последнего десятилетия текущего столетия в автомобилестроении сократится производство дви-

гателей рабочим объемом более 3 л, на 30 % снизится средний литраж. Прогресс в развитии двигателестроения позволит получить литровую мощность до 73,5 кВт/л (100 л. с./л).

Японская фирма «Тоёта» разработала термопластик для бамперов, микрокристаллическая структура которого обеспечивает повышенные жесткость и прочность. Инженеры фирмы заявляют, что этот материал на 15 % легче, чем полипропилен, имеет вдвое большую текучесть расплава и качество поверхности, сравнимое со сталью.

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ

УДК 629.113.001.66(049.3)

В. В. Осепчугов, А. К. Фрумкин. Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета (Учебник для студентов вузов по специальности «Автомобили и автомобильное хозяйство». — М.: Машиностроение, 1989. — 304 с.: ил.

Книга В. В. Осепчугова и А. К. Фрумкина по курсу «Автомобили» — долгожданный учебник для будущих инженеров автотранспорта.

Книга невелика по объему — 304 с., хорошо иллюстрирована. Материал двенадцати глав расположен в объеме и последовательности, соответствующих действующей учебной программе.

В первой главе приведены основные сведения по структуре и динамике производства автомобилей в нашей стране и за рубежом, рассмотрены основные тенденции развития конструкций автомобилей, их компоновочные схемы, типы. Недостаток — отсутствие величины ограничения нагрузки на дорогу от колес одного моста.

Вторая глава — о сцеплениях. На наш взгляд, расположение материалов в ней неудобно для пользования. Например, в параграфе 9 дается понятие максимального значения крутящего момента, передаваемого сцеплением, а методика определения этого момента — лишь в параграфе 10.

В третьей главе рассмотрены конструктивные варианты коробок передач и их элементов, фрикционные, гидрообъемные и гидродинамические передачи. Однако в эмпирических формулах следовало бы уточнить размерность входящих в них параметров (в формуле для определения межцентрового расстояния валов коробок передач искомая величина, вероятно, будет измеряться в мм, а не в метрах, как рекомендует система СИ).

Четвертая и пятая главы посвящены карданным и главным передачам. Определены особенности конструкций передач с шарнирами как неравных, так и равных угловых скоростей; содержится значительный объем информации по конструктивным решениям карданных шарниров равных угловых скоростей и по их применимости. Достаточное внимание уделено обоснованию необходимости регулировок зубчатой пары, описаны различные варианты их обеспечения, преимущества гипондных передач, возможность их применения на грузовых автомобилях взамен двойных главных передач. Но отсутствие в книге формул для прочностного расчета зубьев несколько затрудняет ее использование, например, при выполнении курсового проекта.

В шестой главе рассмотрены конструкции, в том числе перспективные, и элементы расчета дифферен-

циалов, в седьмой — рулевые управления: различные способы управления поворотом, основные технические параметры рулевого управления, причем эта информация сопровождается богатым справочным и иллюстративным материалом.

Восьмая глава — анализ конструкции и элементы работы тормозного управления. Здесь подробно рассмотрены рабочие процессы барабанных колодочных, ленточных тормозных механизмов, но менее полно — рабочие процессы дисковых тормозных механизмов. Особый интерес представляют мало освещенные в литературе сведения о перспективных системах тормозных приводов — об электропневмоприводе и антиблокировочных системах.

Девятая — о конструкциях и элементах расчета подвесок, их перспективных типах и элементах: рычажно-телескопических подвесках, однолистных и мачолистных рессорах. Следует отметить недостаточный для изучения такого важного узла автомобиля, как подвеска, объем главы, а также необходимость расширения раздела о пневматических упругих элементах, введения сведений о гидропневматических упругих элементах, подвесках с продольным расположением рессор.

В десятой главе достаточно полно, с анализом конструкций рассмотрены автомобильные мосты.

Одиннадцатая глава касается анализа конструкций и выбора шин и колес автомобилей. В ней приведены образцы рисунков протекторов шин разных типов. Отмечены особенности применения бескамерных шин, а также недостатки конструкций крепления двоярных колес по ГОСТ 10402—74, последствия разрушения шпильки и определены возможные пути улучшения конструкции этого узла. В главе следовало бы привести данные о преимуществах применения радиальных и опоясанных шин в сравнении с диагональными.

В двенадцатой главе анализируются конструкции и элементы расчета несущих систем автомобилей — рам и кузовов. Приведены основные понятия по наиболее совершенному методу расчета сложных пространственных конструкций — методу конечных элементов с применением ЭВМ.

Ценно то, что в книге даются список литературы, предметный указатель, контрольные вопросы в конце каждой главы, позволяющие проверить степень усвоения знаний. Увеличивает ценность книги и большой объем информации по конструкциям современных моделей отечественных и зарубежных автомобилей, в том числе о материалах основных деталей и допускаемых напряжениях, возможном ресурсе работы деталей, основных причинах выхода их из строя.

О полезности, нужности и своевременности выхода рецензируемого учебника красноречиво говорит такой факт: тираж в 49 тыс. экземпляров был раскуплен в магазине в течение нескольких дней.

А. С. ПАВЛЮК

СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- Боровкин И. А., Токарев А. А., Шмидт А. Г.— О государственном регулировании топливной экономичности АТС 1
Картавин Ю. А., Лобзин Н. И.— Для выхода на проектную производительность РСК 2
Козлов М. Я., Соколов О. И.— Развитие САПР «Мотоцикл» 5

КОНСТРУКЦИИ АВТОТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ

- Пичугин В. Б., Григорьев М. А.— Двигатели ЗМЗ вчера, сегодня, завтра 6
Экология АТС. Проблемы и решения
Шатров Е. В., Гарбер А. З., Таболин В. В.— Резервы снижения токсичности автотранспортных средств 10
Гусаров А. П.— Оксиды азота — основная забота разработчиков АТС 13
Малов Р. В., Пекшев В. В.— Эмульгирование топлива и экологические характеристики дизеля 15
Ответы на письма читателей
Савельев В. А.— Гибридные карданные валы. Особенности расчета 18

АВТОТЕХОБСЛУЖИВАНИЕ

- Карницкий В. В., Валеев Д. Х., Фучкин С. В.— Опыт эксплуатации газодизельных КамАЗов 20
Егин Н. Л.— Готовь сани летом... 22
Ответы на письма читателей
Рябчинский А. И., Ахмедов Г. М., Литвинова Т. А. и Суворов Ю. Б.— Аварийность и активная безопасность АТС 23

ТЕХНОЛОГИЯ, ОБОРУДОВАНИЕ

- Компьютерная технология моделирования
Зубков В. Г., Смирнов С. В., Файерштейн М. Е., Шмелев Г. С.— Изготовления литейных форм 26
Кульпина И. Э., Перминов С. М.— Аэродинамика автомобиля 28
Бирбраер Л. Н.— Развитие технологий механической обработки на ГАЗе 30
Вершинин П. А.— Контроллеры и диагностика оборудования 32
Носов В. А., Захаров Г. И.— Комбинированные съемные мастер-макеты 33
Бендовский Е. Б.— Пористо-волоконистая керамика 35
Ответы на письма читателей
Тарасов А. Н., Комиссаров А. В.— ИАС ЯЗДА. Интегрированная информационно-поисковая подсистема 36

ИНФОРМАЦИЯ

- Из истории отечественной науки
Самилкин В. Д.— В. О. Гордон 37
Коротко о разном 38
Вышли из печати
Павлюк А. С.— Рецензия на книгу В. В. Осепацгуова, А. К. Фрумкина «Автомобиль: анализ конструкций, элементы расчета» 38

На первой странице обложки — автомобиль-лесовоз МАЗ-5434

Главный редактор В. П. МОРОЗОВ

Заместитель главного редактора В. Н. ФИЛИМОНОВ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, В. В. Барбашов, А. Я. Борзыкин, Ю. И. Бубнов, Н. Н. Волосов, О. И. Гируцкий, В. И. Гладков, Л. А. Глейзер, А. З. Горнев, М. А. Григорьев, Б. И. Гуров, Ю. К. Есеновский-Лашков, Р. А. Карачурин, Ю. А. Купеев, Е. Н. Любинский, В. Н. Нарышкин, А. А. Невелев, В. В. Новиков, И. П. Петренко, В. Д. Полетаев, В. В. Таболин, А. И. Титков, Г. Б. Урванцев, Н. Н. Яценко

Ордена Трудового Красного Знамени
издательство «Машиностроение»

I. M. A. SOVIETmedia GmbH Telephone: (040) 89 60 64
Gasstr. 18, Haus 2, ZWG Telefax: (040) 899 19 80
Postfach 50 13 20 Telèx: 2 162 412 unex d
2000 Hamburg 50, Germany

Художественный редактор Т. Н. Галицина
Технический редактор Е. П. Смирнова
Корректор Л. Л. Георгиевская

Сдано в набор 08.06.92. Подписано в печать 15.07.92. Формат 60×88¹/₈. Бумага кн.-журн. Печать офсетная. Усл. печ. л. 4,9. Усл. кр. отт. 5,88. Уч.-изд. л. 7,7. Зак. 5855.

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

Набрано на ордена Трудового Красного Знамени Чеховском полиграфическом комбинате Министерства печати и информации Российской Федерации
142300, г. Чехов, Московской области
Отпечатано в Подольском филиале ПО «Периодика»
142110, г. Подольск, ул. Кирова, 25

Научно-производственное предприятие «ГРАТ»

по Вашим заявкам

разрабатывает эффективные технологии для отделочно-зачистной обработки деталей из различных материалов после штамповки, механообработки и литья (зачистка заусенцев и облоя, скругление острых кромок, шлифование и полирование поверхностей); поставит и внедрит необходимое оборудование в комплексе с технологическим сопровождением.

НПП «ГРАТ» —

это коллектив специалистов с многолетним опытом работы по данной проблеме и промышленного внедрения
вибрационных, центробежно-планетарных и пневмоструйных установок
серии УВЗ, УЗЦ, РД, СПЗ и др.

ЗВОНИТЕ — мы ответим на Ваши вопросы по телефону (845-2) 25-23-07.

ПРИСЫЛАЙТЕ ВАШИ ДЕТАЛИ — мы выполним их пробную обработку.

Наш адрес: 410076, г. Саратов, ул. Чернышевского, 6, НПП «ГРАТ».
Телетайп: 241007 «СЕАНС» (для «ГРАТа»)

ОРГАНИЗОВАН

**В МОСКОВСКОМ АВТОМЕХАНИЧЕСКОМ ИНСТИТУТЕ
ЦЕНТР ПЕРЕПОДГОТОВКИ И ЦИКЛОВОЙ ПОДГОТОВКИ
РУКОВОДЯЩИХ РАБОТНИКОВ И СПЕЦИАЛИСТОВ**



по специализациям:

*автомобильная электроника
электроника тракторов и сельскохозяйственных машин
автотракторное электрооборудование.*

**Формы и сроки обучения: без отрыва от производства — 18 мес., занятия днем, один раз в неделю;
с отрывом от производства — 6 мес.**

Проводится также обучение всех желающих на КУРСАХ по специализациям:

- конструкция, ремонт и техническое обслуживание газобаллонных автомобилей
- бухгалтерский учет
- товарные биржи
- фондовые биржи
- динамика и прочность автомобилей
- практика устного общения на английском, немецком, французском языках
- язык делового общения (английский, немецкий, французский)
- английский язык для пользователей персональных компьютеров

- аппаратные и программные средства персональных компьютеров (ДВК, IBM PC)
- методы создания технической документации на персональных компьютерах IBM PC
- методы программирования на персональных компьютерах IBM PC
- микропроцессорная техника
- методы расчета электрических, электронных схем и объектов на персональных компьютерах IBM PC.

Обучение в Центре платное. По заявкам могут организовываться группы на предприятиях.

Адрес: 105839, Москва, ул. Б. Семеновская, 38, МАМИ, аудитория А-121. Контактный телефон: 369-91-23



ПЯТОЕ



**НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ СОВЕЩАНИЕ
"ДИНАМИКА И ПРОЧНОСТЬ АВТОМОБИЛЯ"**

Академия наук Российской Федерации, Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомоторный институт, Московский автомеханический институт, Институт машиноведения имени А.А. Благонравова РАН проводят в октябре 1992 г. научно-техническое совещание "Динамика и прочность автомобиля".

Основные направления работ совещания:

- современные расчетные и экспериментальные методы прочностного анализа конструкций автомобилей и двигателей;
- исследование колебаний конструкций автомобилей, двигателей и элементов;
- снижение металлоемкости, повышение надежности и ресурса автомобильных конструкций;
- оптимальное проектирование автомобилей и двигателей;
- автоматизация проектирования автомобильной техники.

Совещание состоится в Москве в Институте машиноведения РАН.

Справки по адресу: 105839, Москва, Б. Семеновская ул., 38, МАМИ, кафедра "Прикладная математика и вычислительная техника". Телефон 369-96-65.



Оргкомитет совещания

Научно-производственное общество
"Информатика и компьютеры"

InCo

103473, г. Москва, а/я 81.
Расчетный счет № 1609761 в ком.
банке "Контакт" г. Москвы, МФО 201757

КОМПЛЕКТ ВЕСЬМА ПОЛЕЗЕН И ДЛЯ НОВИЧКОВ, И ДЛЯ ОПЫТНЫХ СПЕЦИАЛИСТОВ

Для новичков комплект — это ясный и подробный учебник, при помощи которого можно в кратчайшие сроки научиться работе с IBM PC. Более 200 рисунков обеспечивают удобство и наглядность комплекта!

Для опытного пользователя комплект — это энциклопедический источник сведений по DOS, обслуживанию компьютеров, борьбе с вирусами, конфигурированию системы, архивации файлов, командным файлам и многим полезным программам.

**КОНСТРУКТОР!
РАСЧЕТЧИК!
БУХГАЛТЕР И ЭКОНОМИСТ!
Вы пользуетесь компьютером?
Значит, Вам необходим
комплект документации и программ
"РАБОТА ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ
С IBM PC"**

**КОМПЛЕКТ ЯВЛЯЕТСЯ
АВТОРСКИМ РАСШИРЕНИЕМ
ИЗВЕСТНОЙ КНИГИ В.Э. ФИГУРНОВА
"IBM PC ДЛЯ ПОЛЬЗОВАТЕЛЯ".**

СОСТАВ КОМПЛЕКТА: документация в виде книг (три тома — 640 страниц); дискетка DS/DD, содержащая свыше 1,3 Мб информации (в упакованном виде).

Цена 1 экз. комплекта 1792 руб., для вузов и НИИ системы АН и ВАСХНИЛ — 1344 руб. При приобретении нескольких экземпляров — скидка 40 % на все экземпляры, кроме первого.

КАЧЕСТВО ГАРАНТИРОВАНО!

Заказы направляйте по адресу: 103473, Москва, а/я 81, НПО "Информатика и компьютеры". Телефоны: (095) 437-36-95 (с 9 до 14 ч.), (095) 111-93-16. E-mail: serv@inco.msk.ru. Цены действительны до 1992 г.

Если Вам нужны не только данные, но и выводы из них —

ВАМ ПОМОЖЕТ ИХ ПОЛУЧИТЬ

СТАТИСТИЧЕСКАЯ ДИАЛОГОВАЯ СИСТЕМА STADIA 4.5

Даже горы данных будут для Вас бесполезны, если Вы не сможете сделать из них надежных выводов. Хотите получить выводы сами или поручить это лаборанту или секретарше? Если да, то Вашим надежным помощником будет графическая статистическая диалоговая система STADIA 4.5.

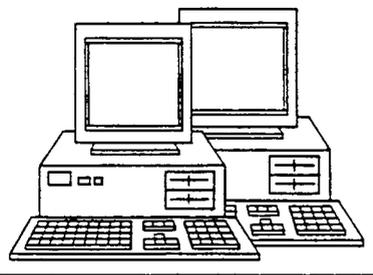
За считанные минуты она позволит Вам выявить факторы, влияющие на результат, построить прогноз развития, оценить взаимозависимость характеристик и получить наглядные графические результаты анализа.

STADIA успешно применяется специалистами и менеджерами, студентами и исследователями для анализа данных в промышленности, экономике, медицине, психологии, образовании, науке, военном деле и множестве других областей.

Только STADIA одновременно проста для новичков и эффективна для специалистов, сочетая мощность, наглядность и простоту анализа результатов!

Только STADIA сделает для Вас простыми и доступными современные методы анализа данных: регрессионный, дисперсионный, кластерный, факторный анализ, анализ временных рядов, контроль качества и многое другое. Если Вы захотите, STADIA сама подберет метод анализа для Ваших данных.

InCo



К Вашим услугам: обработка неполных и пропущенных данных, удобные подсказки и помощь, более 50 видов графиков и диаграмм, выводимых на экран и печать.

STADIA работает на любом IBM PC-совместимом компьютере — даже без жесткого диска!

**STADIA — это простота,
мощность и наглядность!**

Стоимость: 8960 руб. — базовый комплект, 12800 руб. — полный комплект системы (включая налог). Дополнительные установки — по 10 % от этой суммы. Для вузов и НИИ АН — скидка 15 %.

ЯРОСЛАВСКИЙ МОТОРНЫЙ ЗАВОД

один из крупнейших производителей транспортных дизелей.

Конструкторские, технологические и исследовательские службы, развитое опытное производство позволяют объединению и его центру в кратчайшие сроки разрабатывать и изготовлять опытные образцы и малые серии дизелей, не уступающие лучшим мировым образцам.



ОБЕСПЕЧИВАЮТСЯ ЭКОНОМИЧНЫЕ РАСХОДЫ ТОПЛИВА НА КОНТРОЛЬНЫХ РЕЖИМАХ: ДВИГАТЕЛЕЙ 6У, 8У, 12У С S/D=140/130 БЕЗ НАДДУВА — 153–155 г/(л.с.ч), С НАДДУВОМ — 150 г/(л.с.ч); НАДДУВНЫХ ДИЗЕЛЕЙ С S/D=140/140 (В ЗАВИСИМОСТИ ОТ МОДИФИКАЦИЙ) — 145–150 г/(л.с.ч). ПРИ ЭТОМ ВЫПОЛНЯЮТСЯ ДЕЙСТВУЮЩИЕ НОРМАТИВНЫЕ ОГРАНИЧЕНИЯ ПО ЭКОЛОГИЧЕСКИМ ПОКАЗАТЕЛЯМ И ШУМНОСТИ.

НА БАЗЕ СЕРИЙНЫХ И НОВЫХ ПОКОЛЕНИЙ ДИЗЕЛЕЙ С V-ОБРАЗНЫМ И РЯДНЫМ РАСПОЛОЖЕНИЕМ ЦИЛИНДРОВ СОЗДАНЫ ВЫСОКОФОРСИРОВАННЫЕ ТРАНСПОРТНЫЕ ДИЗЕЛИ СО СРЕДНИМ ЭФФЕКТИВНЫМ ДАВЛЕНИЕМ 1,5–1,7 МПа, УДЕЛЬНЫМ РАСХОДОМ ТОПЛИВА 138–142 г/(л.с.ч).

ПО ЗАКАЗАМ ПОТРЕБИТЕЛЕЙ В КРАТЧАЙШИЕ СРОКИ МОГУТ БЫТЬ ВЫПОЛНЕНЫ ИНТЕРЕСУЮЩИЕ ИХ РАЗРАБОТКИ.

СОЗДАНЫ И ИСПОЛЗУЮТСЯ ОБРАЗЦЫ ДИЗЕЛЕЙ ДЛЯ СПОРТИВНЫХ АВТОМОБИЛЕЙ, ЛИТРОВАЯ МОЩНОСТЬ КОТОРЫХ ПРЕВЫШАЕТ 50 кВт/л.

ЯМЗ ВЫПОЛНЯЕТ СЛЕДУЮЩИЕ РАБОТЫ ПО ИНЖИНИРИНГУ:



- КОНСТРУКТОРСКО-ТЕХНОЛОГИЧЕСКАЯ РАЗРАБОТКА И ДОВОДКА НОВЫХ ДИЗЕЛЕЙ ТРАНСПОРТНОГО И ЛЮБОГО ДРУГОГО НАЗНАЧЕНИЯ;
- РАЗРАБОТКА СИСТЕМ, МЕХАНИЗМОВ, УЗЛОВ И ДЕТАЛЕЙ, ВКЛЮЧАЯ СИСТЕМЫ НАДДУВА И ПРОМЕЖУТОЧНОГО ОХЛАЖДЕНИЯ НАДДУВНОГО ВОЗДУХА;
- СОЗДАНИЕ МЕТОДИК, ПРОГРАММ РАСЧЕТОВ, МЕТОДИК ИСПЫТАНИЙ И ПРОВЕДЕНИЕ ИСПЫТАНИЙ;
- СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ДИЗЕЛЕЙ СЕРИЙНОГО ПРОИЗВОДСТВА;
- РАЗРАБОТКА И ДОВОДКА КОРОБОК ПЕРЕДАЧ И СЦЕПЛЕНИЙ;
- СОГЛАСОВАНИЕ СИЛОВОГО АГРЕГАТА С ТРАНСМИССИЕЙ ЛЮБОГО АВТОТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА И С УСЛОВИЯМИ ЕГО ЭКСПЛУАТАЦИИ.

С ПРЕДЛОЖЕНИЯМИ ОБРАЩАЙТЕСЬ ПО АДРЕСУ:

150040, г. Ярославль, пр. Октября, 75, ЯМЗ.

Телефоны: 27-41-00, 27-46-23

Телетайп 217133

Телефакс (085-2) 23-05-91

Телекс 217229 РТВ SU 9YMZO