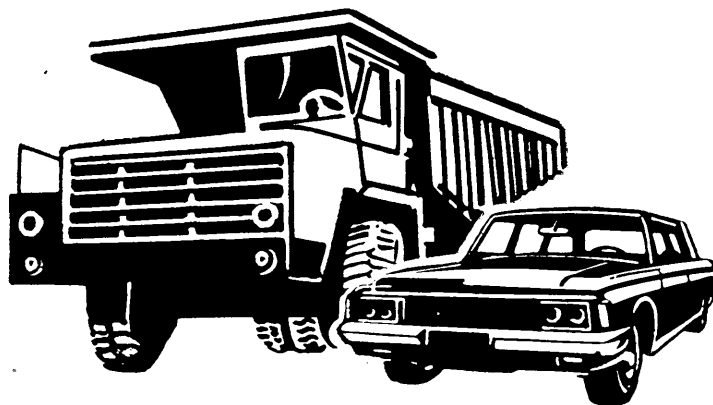


А

**АВТОМОБИЛЬНАЯ
ПРОМЫШЛЕННОСТЬ**

1982

2



СОДЕРЖАНИЕ

ЭКОНОМИКА И ОРГАНИЗАЦИЯ ПРОИЗВОДСТВА

- В. И. Гарапова, В. А. Устинов** — Проблемы охраны водной среды в проектах Гипроавтопрома 1

ДВИГАТЕЛЕСТРОЕНИЕ

- Е. В. Шатров** — Альтернативные топлива для двигателей 4
В. Ф. Кутенев — Прогрессивные направления улучшения показателей топливной экономичности и токсичности двигателей 7
П. С. Макаревич — Влияние материалов пары «кулачок — толкатель» на закон ускорения толкателя 10

КОНСТРУИРОВАНИЕ, ИССЛЕДОВАНИЯ, ИСПЫТАНИЯ, ОПЫТ

- А. А. Токарев, Р. Г. Галустян, Э. И. Наркевич, В. А. Кораблев, В. Г. Давыдов, Ю. А. Хазиков** — О перспективных нормах расхода топлива грузовыми автомобилями 12
Л. В. Крайнык, Р. В. Пелехатый, А. А. Токарев, И. В. Смирнов, Г. А. Нагорняк — Топливная экономичность и динамика автобуса с регуляторами различных типов 13
Л. П. Егорычев, О. Н. Кузовников, А. Г. Шмидт — Прибор для экспериментальной оценки топливной экономичности легковых автомобилей 15
Я. Е. Фаробин, А. М. Иванов — Исследование характеристик шин автомобилей «Урал» 17
С. Ф. Цвид, А. М. Харазов — Определение достоверности диагностирования автомобилей при помощи контрольно-измерительных приборов 19
М. М. Гайцгори, В. А. Галашин, Л. Ф. Жеглов — Определение амплитудно-частотных характеристик автомобиля по экспериментальным данным 19
А. М. Резник, А. А. Баланевский — Моделирование динамики разряда стартерных батарей при пуске ДВС 22
В. В. Петров — Тенденция развития автомобильных антенн 24

ТЕХНОЛОГИЯ

- Ю. Л. Соколов** — Малоотходная технология — средство повышения производительности труда и снижения металлоемкости изделий 25
В. М. Зинченко — Технологические резервы повышения качества цементованных деталей 26
В. П. Приходько, В. В. Рунов, Ю. Е. Кулак, К. К. Дьяченко, В. И. Потоцкий — Совершенствование проката для листовых рессор 29
М. М. Левитан, В. Б. Пичугин, В. Г. Рабеко, А. И. Хорунжий, В. А. Волгин, И. В. Мартымянов — Новый материал для монометаллических гильз цилиндров двигателей ЗМЗ 30
В. А. Быков, Т. Е. Пономарева, А. Д. Шуляк, Г. Г. Шерстнева, Л. К. Соловьева — Многослойный шумоизолирующий материал с объемной основой из синтетических волокон 33

ИНФОРМАЦИЯ

На ВДНХ СССР

- В. Б. Паутова** — Они награждены медалями ВДНХ 33
А. Н. Саверина — Советские автомобилестроители на международной выставке изобретателей и рационализаторов 34
Новые нормативные материалы
Б. А. Куров — Предельно допустимые нормы выброса вредных веществ автомобилями в 1981—1985 гг. 36
Новости отечественного автомобилестроения
Е. И. Натанзон — Сборно-паяные распределительные валы для двигателей . . . 37
Новости автомобилестроения за рубежом
А. С. Брыков, А. С. Кичжи — Дисковые тормозные механизмы открытого типа для грузовых автомобилей и автобусов 38

Главный редактор **А. П. БОРЗУНОВ**

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ:

И. В. Балабин, В. М. Бусаров, А. В. Бугузов, А. М. Васильев, М. А. Григорьев, Ю. А. Еченстов, К. П. Иванов, Б. Г. Карнаухов, А. С. Кобзев, А. В. Костров, А. М. Кригер, А. М. Кузнецов, Ю. А. Купеев, И. С. Лунев, А. А. Невелев, И. В. Орлов, А. Н. Островцев, А. Д. Просвирнин, З. Л. Сирстин, Г. А. Смирнов, В. В. Снегирев, С. М. Степашкин, А. И. Титков, Е. А. Устинов, В. А. Фаустов, В. Н. Филимонов (зам. гл. редактора), Б. М. Фиттерман, Н. С. Ханин, С. Б. Чистозонов, М. М. Шурыгин

АВТОМОБИЛЬНАЯ ПРОМЫШЛЕННОСТЬ

2
ФЕВРАЛЬ
1982

ЕЖЕМЕСЯЧНЫЙ НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Издается с 1930 года

ОРГАН МИНИСТЕРСТВА АВТОМОБИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ



УДК 502.55:628.543

Проблемы охраны водной среды в проектах Гипроавтопрома

В. И. ГАРАПОВА, В. А. УСТИНОВ

Гипроавтопром

РАЗРАБАТЫВАЯ проекты новых заводов или реконструируя существующие предприятия автомобильной промышленности, специалисты Гипроавтопрома стремятся обеспечить надежную защиту окружающей среды при наименьших затратах средств и труда.

Работа эта началась с изучения и обобщения требований к качеству воды, подаваемой к различным потребителям, и характеристик сточных вод после технологических процессов.

Собранные по литературным источникам и натурным анализам усредненные данные по качеству воды, подаваемой для отдельных технологических процессов, приводятся в табл. 1.

Сточные воды заводов в зависимости от видов вредных примесей и концентраций вредных веществ могут быть систематизированы и распределены по категориям (см. табл. 2).

Так, к I категории стоков отнесена практически чистая вода, «загрязненная» теплом в результате ее использования в оборудовании в качестве охлаждающей жидкости. II категорию стоков составила вода, загрязненная механическими примесями и маслами при мойке и расконсервации деталей и оборудования, а также дождевая вода с аналогичными загрязнителями. III категория — это сточные воды, содержащие в своем составе многочисленные, в том числе и ядовитые, химические вещества (кислоты, щелочи, соли тяжелых металлов и др.). IV категория — отработанные смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ) или эмульсии с трудноотделяемыми эмульгированными маслами. V категория — стоки литейных производств, содержащие шламы, горелую землю и другие отходы этих производств.

Для охраны не только внутренних водоемов, но и мирового океана требования к качеству очистных сточных вод при сбросе их в водоемы или городскую канализацию неуклонно возрастают, и во многих случаях по отдельным компонентам они значительно выше допустимых на целом ряде техно-

логических производств (табл. 3). Во многих случаях экологический предел очистки недосыгаем экономически.

Все это позволило сделать весьма важные выводы.

1. Очистные системы, применяемые на автозаводах, для большинства категорий стоков должны обеспечивать очистку, необходимую для замкнутых систем при многократном использовании одной и той же воды для технологических нужд.

2. Степень очистки стоков в замкнутых системах может быть ниже, чем при сбросе воды, что резко удешевляет систему очистки.

3. Обратные воды экономят использование свежей воды из источника, что дает дополнительный и очень значительный экономический эффект.

Эти выводы широко используются в практике Гипроавтопрома. Например, использование стоков I категории осуществляется по схеме: подача нагретой воды с остаточным напором или через резервуары и насосы на градирни, сбор охлажденной воды в резервуары, стабилизационная обработка для предотвращения коррозии или зарастания труб и подача ее при помощи насосов потребителям. Затраты на подготовку 1 м³ воды примерно 1 коп. Вода этой категории может составлять до 70% общего количества потребляемой предприятием воды.

Методы очистки сточных вод II категории зависят от концентрации загрязнений. Так, стоки, загрязненные только механическими примесями, очищаются по схеме: отстаивание (иногда фильтрация), обезвоживание осадка, стабилизационная обработка, обезвреживание и возврат воды в производство. Стоимость очистки и возврата 1 м³ стоков составляет около 3 коп.

Стоки, загрязненные маслами и механическими примесями в пределах до 300 мг/л каждого компонента, проходят очистку в пескоголовках, отстойниках с коагуляцией воды, фильт-

Характеристика воды по отдельным показателям	Вода для охлаждения оборудования			Вода для заварки, замочки, приготовления моченных растворов, мытья оборудования и пр.	Вода для защитно-декоративных покрытий		
	группы «а»	группы «б»	деминерализованная		высококачественных установок, генераторов, выпрямителей, компрессоров, печей	индукционных миксеров, печей	индукционных нагревателей, машинных генераторов ТВЧ
Жесткость общая, мг-экв/л	5—6	1,5	0,01	8	7	0,5	2,5
Жесткость карбонатная, мг-экв/л	—	—	—	—	2	—	—
Щелочность общая, экв/л	—	—	0,02	3—4	3,5	—	—
Общее солесодержание, мг/л	—	80	5	1500	800—1300	—	40
Содержание, мг/л							
масла (эфирорастворимые)	0	0	0	10—20	10—15	5	—
хлориды	17—50	—	5	—	—	50	—
сульфаты	35—100	—	—	—	—	—	—
железо	0,3	—	—	4	0,5—4	—	—
сероводород	0	0	0	—	—	0	—
йод	0	0	—	—	—	0	—
остаточный хлор	0,5—5	—	—	—	—	—	—
взвешенные вещества	до 10	—	—	20—30	20—30	10	10
Окисляемость O ₂ , мг/л	5	—	—	15	10	—	—
Кислотность, мг-экв/л	—	—	0,02	—	—	—	—
Цветность, град	до 20	—	—	не нормируется	—	—	—
pH	7—7,5	7—7,5	7—7,5	7—8,5	7,2—8,5	7—7,5	7—7,5
Температура, К	285—298 (12—25°C)	285—298 (12—25°C)	285—298 (12—25°C)	298—313 (25—40°C)	283—303 (10—30°C)	288—298 (15—25°C)	283—303 (10—30°C)
Запах, балл	—	—	—	3	3	3	3
БПК ₂₀ , мг/л	—	—	—	20	—	—	—

Примечания. 1. Требования к качеству воды уточняются по паспортным данным оборудования или по эксплуатационным данным.
2. БПК₂₀ — биологическая потребность кислорода

рах. Здесь же предусматривается узел для обезвоживания уловленных масел и осадка. При такой очистке остаточное содержание в очищенной воде масел не более 20 мг/л, взвесей не более 5 мг/л. Стоимость очистки 1 м³ воды 8—15 коп. При загрязненности до 30 г/л каждого из этих компонентов при щелочной среде схема очистки несколько усложняется: песколовки, первичное отстаивание, электрокоагуляция со стальными электродами (или напорная флотация), вторичное отстаивание, фильтрация, обезвоживание уловленных масел и осадка. Но зато очищенная вода содержит меньше, чем в предыдущем случае, взвесей и нефтепродуктов — до 3 мг/л. Стоимость очистки и возврата 1 м³ стоков около 30 коп.

Из этой группы сточных вод целесообразно выделять в локальный цикл очистки сточные воды от крупных моченных машин с высокой концентрацией масел (до 70 г/л) в щелочной среде. В приведенной выше схеме после электрокоагулятора применяется электрофлотатор. Стоимость очистки относительно высока около 50 коп/м³. Сброс этих сточных вод в общий поток II категории стоков не рекомендуется, так как стоимость очистки всего потока этого стока тоже повысится почти до 50 коп/м³. Все виды сточных вод II категории могут и должны использоваться в системах повторного и оборотного водоснабжения. Они могут составлять до 30% общего водопотребления предприятия.

Очистка и организация оборотных циклов химически загрязненных сточных вод, т. е. стоков III категории, — наиболее сложная задача. Их приходится очищать отдельными потоками, основными из которых являются кислото-щелочной, хромосодержащий и цианосодержащий. Методы обезвреживания ядовитых соединений очистки могут быть различными,

но не каждый обеспечивает возможность использовать очищенную воду в оборотной системе.

Например, реагентным методом надежно обезвреживаются все виды химических загрязнений, однако при этом в очищенной воде появляется большое количество солей, что не позволяет использовать эту воду в замкнутом цикле. Кроме того, этот метод трудоемок, требует высоких капиталовложений при строительстве очистных сооружений и целого ряда дефицитных реагентов. Очистка осуществляется по схеме: накопители-усреднители, реакторы, отстойники, реагентное хозяйство, обезвоживание осадка. Стоимость очистки 1 м³ стоков 0,4—1,3 руб. Эти стоки могут составлять до 15% общего количества сточных вод.

Электрокоагуляционный метод дает надежные результаты при очистке хромосодержащих или хромовокислых промывных вод с концентрацией хрома до 100 мг/л, т. е. отдельной части химически загрязненных потоков. При этом методе в схеме, приведенной выше, уменьшается реагентное хозяйство и реакторы заменяются электрокоагуляторами со стальными электродами. Солесодержание в очищенной воде несколько ниже, чем в предыдущем случае, поэтому ее можно использовать повторно на пополнение систем гидрошламоудаления и систем оборотного водоснабжения I категории. Стоимость очистки 1 м³ стоков составляет 20—50 коп. Стоимость строительства очистных сооружений с применением электрокоагуляции и эксплуатационные расходы в этом случае ниже, чем при реагентном методе.

На ионообменную очистку подаются только промывные воды, т. е. воды с малой концентрацией загрязнений. Сточные воды проходят каскад фильтров: механических (для

Таблица 2

Характеристика сточных вод по отдельным показателям	Концентрация загрязнений по категориям стоков					
	I	II	III, промывные воды	III, концентрированные отработанные растворы	IV	V
Механические примеси, г/л	0,01—0,03	0,1—0,3	до 0,05	до 0,3	0,05—0,2	0,5—100
Масла, нефтепродукты, г/л	0,005—0,02	0,05—0,4	до 0,002	до 0,05	10—80	—
Общее солесодержание, г/л	0,04—1,5	0,3—0,4	0,5—1,0	10—300	до 1,0	0,3—1,0
Содержание химических компонентов, г/л:						
железо	до 0,004	до 0,02	0,02—0,2	40—80	—	—
хром шестивалентный	0,001	—	0,01—0,08	50—250	—	—
циан	—	—	0,01—0,05	10—150	—	—
медь	—	—	0,01—0,05	10—150	—	—
никель	—	—	0,01—0,05	50—200	—	—
цинк	—	—	0,01—0,06	10—100	—	—
кадмий	—	—	0,005—0,03	5—50	—	—
pH	7—8,5	8,5—9,5	4—11	2—12	9,5—10,5	6,5—8
Температура, К	308—313 (35—40°C)	до 303 (до 30°C)	до 323 (до 50°C)	до 303 (до 30°C)	—	—

промывные операции процессов металлопокрытия. Остальные 20% стоков после дополнительного реагентного обезвреживания подлежат сбросу. Средняя стоимость 1 м³ возвращаемой воды составляет 0,8—2,0 руб. Ионообменный метод применим там, где большой дефицит в воде, так как при этом методе очень высоки капитальные и эксплуатационные затраты.

В связи с тем, что в очищенных сточных водах III категории высокая концентрация солей затрудняет возврат очищенной воды в производство, при разработке процессов, связанных с нанесением металлопокрытий, особое внимание следует обращать на сокращение объема потребляемой воды. Например, почти в 100 раз можно сократить расход воды на промывные операции в результате несложного переоборудования линии и применения многокаскадной промывки деталей; водосбросные процессы можно заменять бессточными — вместо травления шире применять механическую обработку прутка на установках типа «Кизерлинг», наносить покрытия электровакуумным напылением и т. п.

Сокращение расхода воды и стоков III категории значительно уменьшает затраты на очистку и подготовку воды, а также дает большую экономию реагентов, расходуемых как на приготовление растворов, так и на обработку стоков. Особое внимание уделяется этим видам стоков еще и потому, что при сравнительно небольшом проценте (до 15%) общего стока на них ложится основная доля затрат по очистке (до 80%).

Для сточных вод IV категории наиболее эффективным методом очистки является комбинация реагентной обработки и электрокоагуляции на алюминиевых электродах. Схема очистки: накопитель, где производится реагентная обработка и предварительное отстаивание; электрокоагулятор с временем контакта до 15 мин; отстойник. Остаточное содержание масел и продуктов в очищенной воде около 20 мг/л, стоимость очистки 1 м³ стоков — до 0,9 руб. В оборотный цикл очищенная вода не возвращается. Количество сбрасываемых стоков на автозаводах около 1%, на подшипниковых заводах — в 5—6 раз больше.

По сложности обработки к этой категории сточных вод близки сбросные воды гидрофильтров окрасочных камер. Опыт Запорожского автозавода «Коммунар» показал, что для этих стоков хорошо себя зарекомендовала схема, состоящая из накопителя, электрокоагулятора (со стальными или алюминиевыми электродами, в зависимости от качественного состава стока), электрофлотатора и фильтра. Очищенная вода используется в оборотной системе. Стоимость очистки 1 м³ стоков составляет 0,6—0,9 руб.

Сточные воды V категории обрабатываются по схеме: отстаивание с коагулированием, обработка осадка, возврат воды на технологический процесс (гидрошламоудаление). Стоимость очистки 1 м³ стоков изменяется от 3—7 коп. (очистка только от механических примесей) до 30 коп. (очистка от механических и органических загрязнений при применении холодно-твердеющих смесей).

Таким образом, для всех рассмотренных категорий сточных вод существуют достаточно эффективные методы очистки. А что возврат воды экономичнее сброса, можно проследить на следующем примере: в Москве 1 м³ чистой воды из городского водопровода для предприятия стоит 15 коп.; 1 м³ сбрасываемых сточных вод (без учета стоимости заключенных в них примесей и очистки) — те же 15 коп. Замена 1 м³ воды в производстве обойдется, в 30 коп. Но ведь в канализацию можно сбрасывать только очищенные стоки, а стоимость очистки в среднем составляет около 1 руб. за 1 м³, или суммарно 1 руб. 30 коп. Таким образом, оказывается, что при замкнутых циклах любой из перечисленных методов очистки дешевле прямой системы.

Выше рассматривались основные методы и принципиальные схемы очистки. Не менее важен вопрос выбора оптимальной схемы водопотребления и компоновки очистных сооружений.

Как показывает опыт Гипроавтопрома, проектная организация, получив задание на разработку системы водоснабжения предприятия, прежде всего должна составить баланс водопотребления и водоотведения. В первую очередь учитываются

Характеристика воды по отдельным показателям	ПДК на отдельные технологические нужды, мг/л		ПДК при сбросе в канализацию, мг/л		ПДК при сбросе в водоемы, мг/л	
	Технологические процессы	Охлажденные оборудования	города Москвы	города Минска	Вода хозяйственно-питьевого назначения	Вода рыбохозяйственного назначения
БПК ₂₀	20	—	500	250—500	3—6	3
Содержание взвешенные вещества	20—30	20—30	500	200	Не должно быть увеличением более чем на 0,75	
плотный остаток (солеосодержание)	1500	800—1300	2000	1000	1000	1000
эфирорастворимые (масла, жиры)	10—20	10—25	20	1,25	0,3	0,05
железо	4	0,5—4	5	2	0,5	0,05
медь	1	1	0,5	0,04	1,0	0,01
никель	—	—	0,5	0,15	0,1	0,01
хром	—	—	—	—	—	—
шестивалентный	0,1	0,1	0,1	—	0,1	—
трехвалентный	0,5	0,5	1	0,04	0,5	—

потребность в воде различного качества и воде чистого оборотного цикла, во вторую — рассматривается каждая из имеющихся на предприятии категорий сточных вод и безвозвратные потери. На основе этого выбирается число оборотных систем, определяются методы и схемы их очистки. Оптимально решенный баланс, закладываемый в проекты предприятий при реконструкциях и технических перевооружениях, не должен резко увеличивать расход свежей воды в соответствии с решением на спецводопользование по действующему положению. Если в результате оптимального решения проекта количество потребляемой свежей воды из города не возросло и сброс стоков в городскую канализацию не увеличился, новых согласований с Минводхозом на спецводопользование не требуется.

Опыт проектирования свидетельствует, что на предприятии целесообразно иметь единый комплекс, состоящий из сооружений очистки и доочистки по категориям стоков, с общими узлами обработки осадка и масла. Причем экономичнее вместо набора сооружений из типовых проектов применить блокировку в едином здании — так, как это выполнено в проектах Ликинского автобусного завода, Могилевского автозавода им. С. М. Кирова, Минского автозавода, где, по сравнению с другими заводами, общая стоимость очистных сооружений и занимаемая ими площадь под аналогичные схемы оказалась в 1,5—2 раза меньше.

В качестве примера решения проблемы очистки сточных вод — с максимальным их оборотным и повторным использованием на технологические нужды — можно рассмотреть комплекс очистных сооружений Запорожского автозавода «Коммунар». Очистные сооружения этого завода проектировали и строили поэтапно, по мере ввода в эксплуатацию мощностей. Первоначально выполняли проекты, направленные просто на предотвращение сброса загрязненных промышленных стоков в канализацию и в Днепр, а в дальнейшем — и на использование очищенных и доочищенных промышленных сточных вод для технологических нужд. В результате, потребности завода на 92% удовлетворяются за счет технической оборотной воды.

Сточные воды I категории подаются на градирни и после охлаждения возвращаются к оборудованию. Для экономии сетевой части воды I категории используется на технологические нужды и, загрязняясь, сбрасывается в систему малошламовых стоков (переходит во II категорию).

Стоки II категории проходят песколовки, электрокоагуляторы со стальными электродами, отстойники-нефтеловушки, каркаснозасыпные фильтры, резервуары и уже очищенные подаются в общезаводскую систему технического водопровода.

В песколовках из сточных вод удаляется 5% масел и 20% механических примесей, при электрокоагуляции с отстаиванием — 95% оставшихся масел и механических примесей; в фильтрах доочистки — 65% остаточных масел и 95% механических примесей. Таким образом, при исходном содержании масел до 250 мг/л и механических примесей до 400 мг/л остаточное содержание составит: по маслам — 3—5 мг/л, по механическим примесям — 1—3 мг/л.

Для предотвращения биологических и карбонатных обрастаний или коррозии трубопроводов и оборудования предусмотрена стабилизационная обработка сточных вод. Чтобы исключить излишние загрязнения из системы II категории стоков, создаются локальные системы очистки и оборота сточных вод от механических машин и механического производства и от гид-

рофилтров окрасочных камер. Первая из систем работает так: моющие растворы поступают в отстойник-маслоловушку для выделения взвесей и неэмульгированных масел, затем на электрокоагулятор и электрофлотатор, где происходит разрушение и выделение эмульгированных соединений, и далее на фильтры доочистки. Очищенная вода идет на использование в оборотном цикле — приготовление свежих порций моющих растворов. Ее конечные загрязнители: рН — до 10; масла — 5—10 мг/л, механические примеси 2—5 мг/л. Для приготовления моечных растворов вода с указанными параметрами вполне пригодна. Сточные воды, поступающие из гидрофилтров окрасочных камер, обрабатываются по схеме: сборник, электрокоагулятор-электрофлотатор, фильтры доочистки. Эффект очистки около 92%. Очищенная вода возвращается в гидрофилтвы окрасочных камер.

Сточные воды III категории очищаются на станции нейтрализации реагентным методом. Для предотвращения сброса солей в Днепр и для экономии свежей воды разработан рабочий проект ионообменной доочистки этого вида стоков с возвратом обессоленной воды на промывные операции металлопокрытия.

Для уменьшения количества сточных вод, поступающих на ионообмен, из их общего потока выделены хромсодержащие стоки, для обезвреживания которых применен качественно новый безреагентный биохимический метод очистки. При этом методе производственные хромсодержащие сточные воды в определенных пропорциях смешиваются с бытовыми водами и взаимно очищаются, что позволяет сбрасывать их в городскую канализацию.

Для предотвращения сброса элюатов специалисты Гипроавтопрома предложили новый вариант, в основу которого положено изменение промывных операций в гальванических цехах — создание практически бессточной системы промывки изделий. Для этого над технологическими ваннами монтируют душирующий контур. Ванну улавливания переоборудуют в ванну струйной промывки, для чего ее трубопроводами соединяют с четырьмя сборниками промывной воды. При выходе подвески из технологической ванны изделие обмывается водой, которая выдавливается сжатым воздухом из сборника предварительной промывки. Затем изделие устанавливают в

ванне струйной промывки, где оно омывается водой, выдавливаемой из сборника 1 ступени промывки. Эта вода затем засасывается в сборник предварительной промывки. Через определенное время изделие обмывается водой из сборника 2 ступени, которая затем засасывается в сборник 1 ступени. Аналогично включаются 3 и 4 ступени промывки, а затем изделие поступает в ванну окунания. При выходе подвески из ванны окунания открывается вентиль на трубопроводе деминерализованной воды, которая, оросив изделие, поступает в сборник 4 ступени промывки. Таким образом, в сборнике 4 ступени вода оказывается с наименьшей концентрацией загрязнений.

Бессточная система промывки позволяет снизить расход воды и уменьшить количество химически загрязненных стоков, возвратит в производство значительное количество ценных веществ; снизить капитальные затраты и эксплуатационные расходы. В настоящее время промышленно-экспериментальная установка на линии никелирования приведена в действие.

Сточные воды IV категории первоначально предусматривалось очищать реагентно-сепарационным методом. Однако внедрили электрокоагуляционный метод с алюминиевыми электродами, благодаря чему получился двойной выигрыш: на 15 тыс. руб. снизились капитальные затраты, а эффект очистки повысился в несколько раз.

Таким образом, практика проектирования и эксплуатации, а также экономические расчеты показывают, что на заводах отрасли замкнутые системы водообеспечения выгоднее прямых сточных сбросных систем и весьма эффективны с точки зрения охраны водных ресурсов.

Проблемы охраны воды должны решаться комплексно, включать вопросы применения мало- и безотходных технологических процессов, рациональных схем водопотребления и водоотведения, оптимальных схем очистки и доочистки сточных вод. В этом случае наиболее успешно будут выполняться требования XXVI съезда КПСС о том, что экономика должна быть экономной, и указания Л. И. Брежневца, которые он дал в своей речи в Днепропетровске: «Сохранять в чистоте землю, воздух и воду — задача общегосударственная. Было время, когда старались скорее пустить завод, дать продукцию любой ценой. Сегодня же должны строить так, чтобы щадить природу».



УДК 621.43-6*313

Альтернативные топлива для двигателей

Канд. техн. наук Е. В. ШАТРОВ

НАМИ

В ПОСЛЕДНИЕ годы важнейшим показателем в оценке технического уровня автомобилей является их топливная экономичность. Основными путями совершенствования этого показателя являются: разработка и внедрение рабочего процесса с расщеплением заряда, турбулентных камер сгорания двигателей, совершенствование процессов смесеобразования, применение электроники в подготовке горючей смеси, снижение механических потерь в узлах трения, отключение части цилиндров и применение наддува. Большим резервом экономии топлива на автомобильном транспорте является также частичная или полная замена моторного нефтяного топлива топливом иного происхождения, которое должно обладать такими физико-химическими свойствами, которые не требовали бы коренного изменения конструкции двигателя, топливной аппаратуры и системы хранения топлива на борту автомобиля.

К топливам, заменяющим бензин и наиболее полно удовлетворяющим перечисленным выше требованиям, следует отнести прежде всего углеводородный (нефтяной) и природный (метан) горючие газы, а также спирты (метанол и этанол), синтетические топлива, водород и некоторые другие вещества.

Применение газообразного топлива взамен существующих позволяет не только высвободить нефтепродукты для нужд других отраслей, но и снизить эксплуатационные расходы на содержание автомобильной техники за счет меньших затрат на топливо, повышенного срока службы двигателей, умень-

шенного расхода моторного масла и др. [1]. Газовое топливо широко применяется в США [2], Японии [3], Италии (900 тыс. автомобилей, в том числе 270 тыс. на сжатом природном газе).

У нас в стране опыт эксплуатации автомобилей, работающих на газовом топливе, показал, что сжиженный углеводородный и сжатый природный газы по своим «моторным» свойствам можно использовать в качестве топлива для двигателей. На сжиженном углеводородном газе запас хода и полезная грузоподъемность автомобилей остаются практически такими же, как и на бензине. При работе на сжатом природном газе запас хода, например, автомобиля ЗИЛ-130, снижается вдвое, а грузоподъемность уменьшается на 500 кг. Кроме того, на 15—18 % снижается мощность двигателя (на сжиженном углеводородном газе — на 8 %). Указанные недостатки природного газа можно устранить, если его использовать в жидком состоянии [1]. Технически это возможно, а экономически будет целесообразно при условии крупномасштабного, рассчитанного на выпуск не менее 100 тыс. автомобилей в год, производства сжиженного природного газа. Это потребует расширить масштабы научно-исследовательских работ по созданию двигателей, работающих на сжиженном природном газе, и систем хранения природного газа в жидком состоянии на борту автомобиля. Применение сжиженного углеводородного, сжатого природного и в перспективе сжиженного природного газов в качестве

Параметры	Бензин	Метанол	Этанол	Водород	Метан	Бутан	Пропан
Молекулярный вес	107,0	32,04	46,07	2,016	16,03	58,04	44,06
Теплотворная способность, кДж	44000	19300	29750	120000	49850	45440	45970
Теплота сгорания стехиометрической смеси ($\alpha=1$), кДж/м ³	3450—3560	—	3535	—	3230	3500	3460
Количество воздуха, теоретически необходимого для полного сгорания 1 кг топлива, кг (в скобках в м ³)	14,9(58,6)	6,463	8,85	34,5	(9,52)	15,35	15,7
Температура самовоспламенения, К	740—800	1016	699	820—910	958—1020	748—820	780—850
Октановое число по:							
исследовательскому методу	93	106—114,4	111,4	—	—	—	120
моторному методу	85	90—94,6	94	—	110	И. Б. 93 И. Б. 99	—
Коэффициент избытка воздуха, соответствующий пределам воспламенения	0,29—1,18	0,2—1,4	—	0,14—9,85	0,65—1,88	0,348—1,67	0,398—1,7
Температура кипения, К	306—461	337,7	351,3	20,3	111,7	И. Б. 273,5 И. Б. 262,8	231,5
Скрытая теплота испарения, кДж/кг	306	1100	880	448	511	—	—

ве топлива для автомобильного транспорта позволяет не только исключить использование на этих автомобилях «традиционных» топлив, но и существенно снизить выброс в атмосферу вредных веществ с отработавшими газами. Физико-химические свойства сжиженного углеводородного и сжатого природного газов приведены в табл. 1.

Другим заменителем нефтяного топлива являются спирты — метиловый и этиловый (метанол, этанол). Этот вид топлива в качестве моторного в ряде стран использовался всегда, когда ощущалась нехватка нефтепродуктов. Обладая высоким октановым числом (см. табл. 1), спирты имеют меньшую, чем у бензина, теплотворную способность, высокую скрытую теплоту испарения, низкую упругость паров и температуру кипения. Поэтому их применение в качестве топлива ведет к двойному снижению запасов хода автомобиля, ухудшает пусковые качества двигателя. Однако при работе на метаноле возрастает мощность и КПД двигателя, снижается теплонапряженность деталей цилиндра-поршневой группы, закоксование и нагарообразование. Из рис. 1, а видно, что применение чистого метанола позволяет существенно расширить пределы эффективного обеднения топливо-воздушной смеси и обеспечивает работу двигателя на бедных смесях ($\alpha = 1,05—1,1$). Расширяются пределы регулирования, существенно уменьшается содержание окислов азота и углеводородов в отработавших газах (рис. 1, б). Например, при работе двигателя на чистом метаноле концентрация NO_x в отработавших газах снизилась в 1,5—2 раза, углеводородов — в 1,3—1,7 раза, а концентрация окиси углерода осталась на том же уровне, что и при работе на бензине. Однако из-за большой теплоты испарения, которой обладает метанол, работа серийного двигателя сопровождается значительным переохлаждением топливоздушного заряда, что ведет к увеличению неравномерности распределения смеси по цилиндрам. Исправить указанный недостаток можно путем интенсивного подогрева воздуха, поступающего в карбюратор.

Несмотря на отмеченные достоинства метанола, рекомендовать его к повсеместному применению пока преждевременно, так как при переводе автомобилей на этот вид топлива их необходимо оснастить устройствами, облегчающими пуск, особенно при отрицательных температурах, увеличить вместимость топливных баков, а также заменить отдельные материалы систем питания на более стойкие по отношению к метанолу. Иными словами, для сохранения технико-эксплуатационных показателей автомобиля требуются конструктивные изменения не только топливной аппаратуры и двигателя, но частично и автомобиля.

В ситуации топливно-энергетического кризиса метанол может быть использован в качестве добавки к бензину (см. рис. 1).

Из рисунка видно, что добавка 3—5% метанола к бензину практически не меняет мощности, экономических характеристик и токсичности двигателя, но позволяет работать на бензине с несколько меньшим октановым числом, заменить этилированный бензин на неэтилированный. В этом случае не нужен стабилизатор, например, дорогостоящий изобутиловый

спирт, так как такое количество метанола в бензине обеспечивает стабильность этой смеси и позволяет вести эксплуатацию автотранспортных средств в различных районах страны с мягким и средним климатом. Практическому использованию смесей бензина с малым (до 5%) содержанием метанола способствует то, что здесь не требуется изменять ни конструкцию двигателя, ни регулировку его топливной аппаратуры. Спирт обеспечивает экономиию ~2,5% бензина (табл. 2) при сохранении динамических и экономических показателей.

Смеси бензина с 15% метанола и 7% изобутилового спирта, добавляемого в смесь в качестве стабилизатора, обеспечивают автомобилю повышенные на 6% динамические качества, большую на 3—5% мощность, меньший на 30—35% выброс окислов азота и на 20% выброс углеводородов при одновременной экономии бензина до 14%. При работе на такой смеси необходимо увеличить проходные сечения топливных жиклеров на 18—20% и оборудовать систему питания дополнительным сливным трубопроводом. Стабильность такой смеси вполне удовлетворительна и позволяет эксплуатировать автомобильный транспорт в средней полосе и южных районах страны. Сравнительные данные работы автомобиля на смеси бензина с 15% метанола, подтвержденные опытной эксплуатацией, приведены в табл. 2.

Учитывая высокую стоимость изобутилового спирта, используемого в бензометанольной смеси в качестве стабилизатора, и его дефицит, метанол можно смешивать с бензином в необходимых пропорциях непосредственно в смесительной камере карбюратора. Такой способ использования метанола принципиально отличается от применения метанола в виде предварительно подготовленных и заправленных в топливный бак бензометанольных смесей и требует разработки и установки на автомобиле специального карбюратора-смесителя и дополнительного бака для метанола. Преимущество способа раздельной подачи топлива заключается в том, что исключается расслоение смесей и упрощается пуск двигателя при низких температурах. Карбюратор-смеситель позволяет получать оптимальные экономические, мощностные и токсические показатели работы двигателя. В частности, проведенные испытания доказали, что раздельная подача двух топлив (бензина и спирта) позволяет при относительно небольших количествах метанола (10—30%) использовать низкооктановый бензин А-72 в двигателях со степенями сжатия

Таблица 2

Топливо	Расход топлива			Расход присадок, кг/100 км				Выбросы вредных веществ, г/исп.		
	л/100 км	Судмар-ный, кг/100 км	Бензин, кг/100 км	МТБЭ	Спирты	H ₂ O	H ₂	CO	CH	NO _x
Бензин АИ-93	16,5	12,2	12,2	—	—	—	—	82	6,8	6,5
Бензин А-76+8% МТБЭ	16,7	12,1	11,1	1	—	—	—	81	6,1	6,0
Бензин А-76+22% спиртов (15% метанола+7% изобутанола)	17,7	13,3	10,5	—	2,8	—	—	79	4,8	4,1
Бензин АИ-93+5% метанола	16,9	12,5	11,88	—	0,62	—	—	80	5,9	6,4
Бензин А-72+30% метанола (раздельная подача бензина и метанола)	18,7	14,0	9,8	—	4,2	—	—	78	4,1	4,0
Бензин А-76+20% H ₂ O	20,3	14,6	12,5	—	—	2,1	—	80	11,7	3,8
Бензин АИ-93+H ₂	14,3	7,3	5,5	—	—	—	1,8	6,2	4,7	1,2
Чистый метанол	30,6	25,6	—	—	25,6	—	—	75	3,9	3,5
Продукты разложения метанола	27,3	22,9	—	—	22,9	—	—	9,2	0,5	3,1
Газовое топливо	—	—	—	—	—	—	—	80	8,2	5,8

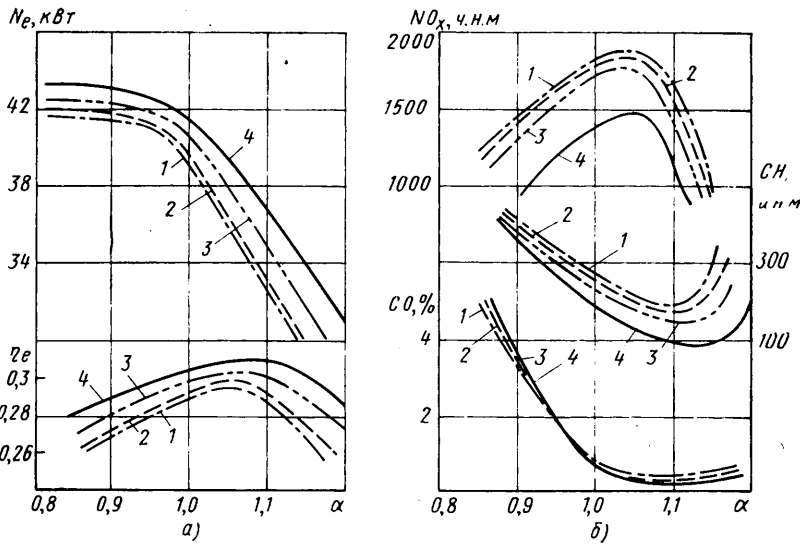


Рис. 1. Мощностные и экономические характеристики (а) и характеристики токсичности отработавших газов (б) двигателя при работе на различном топливе: 1 — бензин АИ-93; 2 — бензин+5% метанола; 3 — бензин+15% метанола; 4 — чистый метанол

8,5—8,8. Экономия бензина при движении автомобиля в городских условиях (ездовой цикл по ОСТ 37.001. (64—74) при раздельной системе питания составляет 20%. При этом токсичность отработавших газов по углеводородам и окислам азота укладывается с большим запасом в нормы 1985 г. (см. табл. 2).

В качестве добавки к бензину можно применять не только метанол, но и метилтретичнобутиловый эфир (МТБЭ), получаемый путем синтеза 65% изобутилена и 36% метанола. МТБЭ обладает высокой детонационной стойкостью (117 ед, по исследовательскому методу) и может быть использован при производстве высокооктановых бензинов в качестве добавки (до 10%) вместо тетраэтилсвинца. Высокая теплотворная способность эфира (37700 кДж/кг) позволяет применять бензин с МТБЭ, не изменяя регулировок топливной аппаратуры.

Испытания смеси бензина с МТБЭ (10%) на двигателях рабочим объемом 1200—1500 см³ показали, что динамические показатели остаются на том же уровне, что и при работе на бензине, токсичность отработавших газов уменьшается на ~10% (за счет снижения содержания окиси углерода), а расход бензина — на 3%. Кроме того, введение МТБЭ позволит снизить содержание тетраэтилсвинца в бензине почти в 2,5 раза.

Продолжая поиски путем более эффективного использования чистого метанола в качестве топлива на автомобильном транспорте провели испытания двигателя, работающего на продуктах разложения метанола — водороде и окиси углерода. Такая смесь позволяет — по сравнению с работой на жидком топливе — увеличить запас хода автомобиля на 40—50%. Происходит это в результате роста теплотворной способности смеси (теплотворная способность чистого метанола составляет 19300 кДж/кг, а продуктов его разложения — 23400 кДж/кг, т. е. на 22% больше).

Учитывая то, что водород является весьма активным видом топлива, его смесь с окисью углерода имеет, по сравнению с жидким метанолом, повышенную полноту сгорания, расширенные пределы воспламенения и обеспечивает работу двигателя на бедных составах смеси ($\alpha=2-3$). Это, в свою очередь, приводит к повышению КПД двигателя.

Полученные на моторном стенде эксплуатационные данные показали, что при работе двигателя на продуктах разложения метанола существенно снижается и токсичность отработавших газов, особенно на частичных нагрузках и режиме холостого хода: при $\alpha=2-3$ в отработавших газах практически отсутствуют нормируемые токсичные компоненты. Оценка автомобиля по ездовому циклу на беговых барабанах показала, что выброс окиси углерода составляет 9,2, углеводородов — 0,5 и окислов азота — 3,1 г/исп.

Таким образом, приведенные данные показывают, что использование в качестве топлива смеси продуктов разложения метанола с воздухом является одним из перспективных путей применения спиртов на автомобильном транспорте.

В последнее время за рубежом и у нас в стране расширялись масштабы работ по применению в качестве топлива смеси бензина с водородом. Водород по своим физико-химическим свойствам существенно отличается от бензина (см. табл. 1). Его теплотворная способность в 3 раза выше, чем у бензина. Воспламенение смеси «водород—воздух» находится в пределах 4—74%. Для сжигания 1 кг водорода требуется в 2 раза больше воздуха, чем для сжигания бензина. Продукты сгорания водорода, особенно при сжигании бедных смесей, содержат незначительное количество вредных веществ. Правда, двигатель, работающий на чистом водороде, вследствие низкой теплотворной способности водородно-воздушной смеси развивает мощность на 15—20% меньшую, чем работающий на бензиново-воздушной смеси. Этот недостаток можно устранить, если водород вводить непосредственно в цилиндр двигателя в такте всасывания или в начале такта сжатия. Недостатком такого способа организации рабочего процесса является необходимость значительного усложнения конструкции систем питания и двигателя в целом.

Чтобы сохранить конструкцию двигателя неизменной водород используют в качестве добавки к бензино-воздушной смеси. Благодаря этому в серийных карбюраторных двигателях удается объединить преимущества водородного двигателя при его работе на частичных нагрузках и лучшие качества карбюраторного при работе на полных нагрузках. Так, исследования, выполненные на моторном стенде и беговых барабанах, показали, что двигатель, работающий на смеси бензина с водородом при смешанном регулировании мощности (бензин добавляется на режиме холостого хода, малых и средних нагрузках) обеспечил автомобилю заданные мощностные и динамические показатели при расходе бензина 12,2, а 5,5 кг/100 км. При этом расход водорода составил 1,8 кг. Таким образом, замена 6,7 кг бензина на 1,8 кг водорода обеспечила экономию бензина на ~50—55%.

Концентрация окиси углерода в отработавших газах снизилась в 13 раз, окислов азота — в 5 раз, углеводородов на 30%. Следовательно, при езде автомобиля в городе основным топливом должен служить водород, а бензин — добавляться для стабилизации горения воздуха на режиме холостого хода, малых и средних нагрузках. При езде автомобиля вне города (средние и полные нагрузки) двигатель работает на бензине с минимальной добавкой водорода.

Таким образом, использование бензоводородных смесей создает предпосылки для создания таких автомобилей, которые в условиях интенсивного городского движения одновременно с экономией нефтяного жидкого топлива существенно снизят загрязнение окружающей среды токсичными продуктами отработавших газов.

В последнее время вновь возрос интерес к использованию в топливе воды: экспериментально установлено, что каждая 10% воды, добавленной к бензину, на 2—3 единицы улучшает его антидетонационные свойства и на 10—15% уменьшает выброс окислов азота. По вопросу о влиянии добавок в виде воды на мощностные и экономические показатели двигателя и

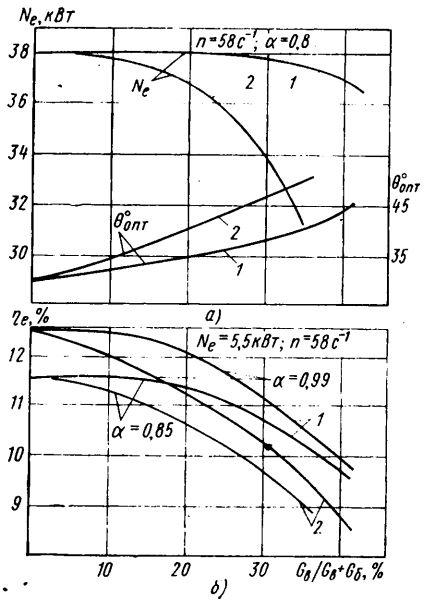


Рис. 2. Влияние величины присадки воды к бензину и способа ее введения в цилиндр на мощностные (а) и экономические (б) показатели двигателя: 1 — водобензиновая эмульсия; 2 — раздельная подача воды и бензина

содержание в отработавших газах несгоревших углеводородов, а также о максимально допустимом содержании воды в топливе, обеспечивающем работу двигателя без ухудшения его эффективных показателей, единое мнение отсутствует.

Экспериментальные данные, полученные в условиях моторного стенда и на беговых барабанах, показывают, что вода, независимо от способа ее введения в цилиндр (в виде водобензиновой эмульсии или разделенным путем), не дает прироста КПД двигателя или повышения его мощности, однако играет роль антидетонатора.

Концентрация воды в опытах изменялась от 5 до 40%. Так, при работе двигателя на водобензиновой эмульсии с содержанием воды до 20% расход топлива на режимах малых нагрузок и богатых смесях повышался на 2—3%, а при работе на бедных смесях ($\alpha=1,0-1,1$) — на 5—10%. Добавление к бензину 40% воды на малых нагрузках привело не только к ухудшению экономичности на 12—17%, но и к падению максимальной мощности на 4%. Если воду вводить в цилиндр отдельно от бензина, а не в виде эмульсии, то ухудшение экономичности отмечается на малых нагрузках на 3—4% при концентрации воды 5—10%, а падение мощности при полном открытии дроссельной заслонки начинается уже при добавлении 15% воды.

На рис. 2 показан характер изменения мощности и оптимального угла опережения зажигания при полном открытии дроссельной заслонки (а) и изменения эффективного КПД на малых нагрузках (б). Из графика видно, что добавление воды к бензину до 10%, независимо от способа ее введения в цилиндр, не дает падения мощности. Дальнейшее увеличение добавки, особенно, если вода вводится отдельно от бензина, приводит к резкому падению мощности. На режимах малых нагрузок, при работе двигателя на смесях, близких к стехиометрическому составу, ухудшение экономичности начинается даже при минимальных добавках воды при отдельной подаче.

Добавление воды к бензину (в большей или меньшей степени, в зависимости от количества воды и способа ее введения во впускной тракт) растягивает процесс сгорания и прежде всего первую его фазу. Это может быть компенсировано (в определенных пределах) путем увеличения угла опережения зажигания: величина оптимального угла зажигания растет с началом подачи воды. (Отметим, что при работе на водобензиновых эмульсиях интенсивность роста угла опережения зажигания с увеличением концентрации воды заметно меньше, чем при отдельной подаче, и свидетельствует о лучшем протекании процесса сгорания). Рост угла опережения зажигания наблюдается и в тех случаях, когда с увеличением концентрации воды КПД двигателя остается постоянным. Объясняется это тем, что в некоторых случаях увеличение до определенного предела первой фазы сгорания не вызывает заметного ухудшения КПД. Наличие воды в цилиндре двигателя снижает температуру и давление на такте сжатия, уменьшая тем самым работу на совершение этого процесса. Добавление воды оказывает положительное влияние и на процесс расширения за счет увеличения количества рабочего тела и теплоемкости продуктов сгорания. При малых концентрациях воды ее влияние на протекание процессов сжатия, расширения и длительности сгорания еще невелико. С увеличением концентрации процесс сгорания ухудшается настолько, что не может быть компенсирован снижением затрат энергии на такте сжатия и лучшим протеканием процесса расширения. На бедных смесях и на малых нагрузках, где процесс сгорания протекает неудовлетворительно даже на чистом бензине, резервов по улучшению первой фазы сгорания без ухудшения КПД практически нет, поэтому добавка воды даже в небольших количествах приводит

к снижению КПД двигателя. Испытания автомобиля ГАЗ-24 «Волга» по ездовому циклу (ОСТ 37.001.054—74) на стенде с беговыми барабанами показали, что расход топлива при использовании смеси бензина А-76 и 20% воды практически тот же, что при работе двигателя на чистом бензине АИ-93. Концентрация окислов азота в отработавших газах стала на 40% меньше, однако выброс углеводородов увеличился вдвое. Следует отметить, что для замены бензина АИ-93 на водобензиновую эмульсию, приготовленную на базе бензина А-76, требуется более 30% воды. При работе на малых нагрузках это приведет к значительному (до 15%) увеличению расхода бензина (см. табл. 2).

В заключение следует сказать, что очередность и масштабы внедрения исследованных альтернативных топлив, без учета их стоимости, могут быть примерно такими.

В первую очередь целесообразно внедрить МТБЭ. Для работы на бензине с присадкой МТБЭ двигатель и топливная аппаратура не требуют каких-либо конструктивных переделок и изменения регулировок. Введение МТБЭ в бензин позволяет исключить (или сократить) выпуск этилированных бензинов и в перспективе применить для очистки отработавших газов каталитические нейтрализаторы.

Широкое применение на транспорте может найти бензометанольная смесь с содержанием метанола 3—5%. Такая смесь тоже не требует каких-либо переделок двигателя, перерегулировок топливной аппаратуры и добавления в нее специального стабилизатора (работа двигателя на ней обеспечивает экономию бензина 1,5—3%).

Бензометанольная смесь с содержанием метанола 15% способна обеспечить нормальную работу автотранспорта и экономию бензина до 14%. Сложность внедрения этих смесей, по сравнению с двумя предыдущими, состоит в том, что требуется перерегулировка карбюратора и установка дополнительных трубопроводов для устранения паровых пробок. Первоначально это топливо целесообразно использовать в средней части страны, а после накопления опыта расширить область его применения и на другие районы.

Следующий этап внедрения метанола — отдельная система подачи метанола и бензина. Преимуществом этого способа является то, что при экономии до 20% бензина можно использовать низкооктавные его сорта без применения дорогостоящего стабилизатора.

При разработке экономически оправданных реакторов разложения метанола последний может применяться и в чистом виде, без добавок бензина. Двигатель при малых нагрузках будет работать на смесях водорода и окиси углерода, а на режимах, близких к полной нагрузке — с добавкой жидкого метанола.

Водород как топливо для автомобилей может найти широкое применение, видимо, только в последнем десятилетии нашего века. До этого его можно будет применять в виде добавки к бензину.

Добавление воды к бензину в виде водобензиновых эмульсий и при отдельной подаче бензина и воды не дает прямой экономии бензина. Внедрение этого способа требует установки на двигатель дополнительной системы питания, или налаживания производства стабильных водобензиновых эмульсий с использованием дорогостоящих стабилизаторов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Самоль Г. И., Гольдблат И. И. Газобаллонные автомобили. М.: Машгиз, 1963. 386 с.
2. Колубаев Б. Д. Газобаллонные автомобили США. — Автомобильная промышленность, 1977, № 4, с. 41—44.
3. Колубаев Б. Д. Газобаллонные автомобили Японии. — Автомобильная промышленность, 1979, № 5, с. 33—34.

УДК 621.43.018.3+621.43.068

Прогрессивные направления улучшения показателей топливной экономичности и токсичности двигателей

(В порядке обсуждения)

Канд. техн. наук В. Ф. КУТЕНЕВ

Центральный научно-исследовательский автополигон НАМИ

УРОВЕНЬ токсичности и топливная экономичность двигателей являются основными параметрами, определяющими потребительские качества, а также конкурентоспособность автомобиля на мировом рынке, поэтому улучшению этих параметров уделяется большое внимание. Однако представляется

интерес предельные значения каждого параметра отдельно и в совокупности, поскольку часто улучшение одного из них требует отказа от совершенствования другого или ведет к его ухудшению [1]. Исходя из возможностей современного двигателя рассмотрим реальные возможности достиже-

Таблица 1

Двигатель	Снижение расхода топлива (%) при				
	расслоении заряда, совершенствовании процесса сгорания	повышении степени сжатия до 13 ед.	снижении потерь на трение и привод агрегатов	использовании турбонаддува с уменьшением числа цилиндров	отключении цилиндров (секций)
Карбюраторный	5—10	10—15	10	10—15	20—25
Дизель	—	—	10	10—15	10—15
Роторно-поршневой	15	15	10	—	15—25

ния предельных значений этих параметров в ближайшем будущем.

В настоящее время наилучшими показателями токсичности и топливной экономичности пока обладают дизели. Однако в массовом производстве двигателей на их долю приходится не более 25%, поэтому ученые и конструкторы исследуют возможности дальнейшего совершенствования экологических и экономических показателей карбюраторных двигателей. Наиболее перспективными направлениями являются повышение степени сжатия до 12—13 ед. с расслоением заряда, принудительное отключение части цилиндров двигателей на режимах малых нагрузок и частот вращения коленчатого вала и некоторые другие (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что при условии реализации всех направлений, во-первых, возможно снижение расхода топлива на карбюраторных двигателях в 2 раза, а, во-вторых, почти не будет разницы в полученных показателях топливной экономичности дизелей и карбюраторных двигателей. Особое значение имеет сочетание первых трех направлений, не требующих больших конструктивных изменений двигателей. Условия воспламенения на режимах частичных нагрузок, зависящие от

Практическая реализация метода отключения части цилиндров эффективна прежде всего на восьмицилиндровых или шестицилиндровых двигателях, так как на них можно достигнуть наибольшей количественной экономии расхода топлива. Однако и на четырехцилиндровых двигателях может быть получено такое же снижение расхода топлива.

Во время испытаний автомобиля ВАЗ по ездовому циклу Правил № 15 ЕЭК ООН при использовании метода отключения цилиндров расход топлива уменьшился с 10 до 8 л/100 км (на 20%). При нагрузке, соответствующей движению автомобиля со скоростью 50 км/ч, удельный расход топлива снизился с 615 до 435 г/кВт·ч, или на 30%. Однако использование такой возможности снижения расхода топлива на 20—30% требует серьезного усложнения конструкции двигателей, необходимого для обеспечения автоматического, на основе электронных систем, отключения части цилиндров в зависимости от нагрузки двигателя и скорости движения автомобиля.

Применение турбонаддува на четырехцилиндровых двигателях по отношению к шестицилиндровым без турбонаддува необходимо рассматривать как отключение части цилиндров. Это означает, что применение турбонаддува в данном случае должно обеспечивать прежде всего снижение механических потерь и, следовательно, экономии топлива, а перевод работы цилиндров двигателя (при переходе условно с шести цилиндров на четыре) на режим больших нагрузок при том же сопротивлении движению автомобиля — дополнительное снижение расхода топлива. Поэтому уменьшение расхода топлива автомобилем с четырехцилиндровым двигателем и турбонаддувом по сравнению с шестицилиндровым без турбонаддува (или шестицилиндровым вместо восьмицилиндрового) можно достигнуть в среднем на 10—15% в зависимости от режимов работы двигателя.

Несмотря на резкое сокращение производства роторно-поршневых двигателей, они все же вновь могут составить конкуренцию поршневым двигателям в ближайшие 5—7 лет, так

Таблица 2

Эксплуатационные показатели	Серийный двигатель (1975 г.)	Варианты модернизации двигателей (экспериментальные образцы)					Двигатель с форкамерно-факельным зажиганием	
		Двухкомпонентная система нейтрализации (1976 г.)	Рециркуляция отработавших газов (1977 г.)	Трехкомпонентная система нейтрализации (1978 г.)	Дизель (1979 г.)	Бензородородная смесь (1980 г.)	серийный (1982 г.)	с рециркуляцией отработавших газов
Суммарная токсичность [5] $\Sigma M_{в.в.}$, г/км	56/96*	39/79	34/49	9/16	12/22	8/14	22/42	18/32
Комплексные показатели расхода топлива [6]: ΣQ_T , л/100 км	14,7	15,2	15,4	14,2	9,1	6+4,2**	13,8	14,1
ΣQ_T , кг/100 км	10,8	11,2	11,3	10,5	7,5	5+1,6**	10,2	10,4

* Показатель суммарной токсичности отработавших газов приведен для двух значений среднесуточных предельно допустимых концентраций (ПДК) окислов в атмосфере городов СССР: в числителе для ПДК до 1979 г. — 0,085 мг/м³; в знаменателе для ПДК после 1980 г. — 0,04 мг/м³.

** Расход топлива: бензин + водород.

температуры рабочей смеси (в связи с весьма низкой в этих условиях действительной степенью сжатия), можно существенно улучшить за счет повышения геометрической степени сжатия. Известно, что при ее повышении на одну единицу расход топлива снижается на 3—6% при одновременном расширении предела эффективного обеднения. Однако повышению степени сжатия препятствует усиливающаяся при этом склонность двигателя к детонации.

Положительных результатов в этом направлении добились фирмы БМВ и Порше (ФРГ). Например, на двигателе БМВ рабочим объемом 2400 см³ обеспечено снижение расхода топлива на 10—15% [2]. Фирма Порше считает, что повышения степени сжатия до термодинамически оптимальных значений можно достигнуть только в двигателях с искровым зажиганием с камерами сгорания, обеспечивающими интенсивную турбулентную смесь. Благодаря этому на двигателе Порше TOP 924 удельные расходы топлива снижены на 5—30% [3], причем наибольшее снижение отмечается на режиме малых нагрузок и частот вращения коленчатого вала.

В связи с необходимостью дальнейшего снижения расхода топлива в последние годы резко возрос интерес к двигателю переменного рабочего объема (или с системой избирательного отключения цилиндров). Многие фирмы ведут исследования и конструктивные разработки двигателей с отключением цилиндров при работе на режиме малых нагрузок. Фирма Порше на опытных образцах двигателей достигла снижения на 25% расхода топлива автомобилем в условиях городского движения [3].

как процесс совершенствования их не прекращен, а наоборот, имеются положительные результаты в этом направлении. Например [4], на опытном образце роторно-поршневого двигателя со степенью сжатия 11 ед. был реализован рабочий процесс с раслоением заряда, что обеспечило такую же топливную экономичность, как у дизелей.

Японская фирма Тоё Когё совершенствует конструкцию роторно-поршневого двигателя для достижения к 1985 г. объявленного фирмой снижения расхода топлива на 20% за счет специального устройства, существенно снижающего механические и насосные потери в этом двигателе. Кроме того, бла-

Таблица 3

Показатель	Модель автомобиля				
	ВАЗ-968	ВАЗ-2101	Москвич-2140	ВАЗ-2106	ГАЗ-24
Масса автомобиля в снаряженном состоянии, кг	840	955	1080	1045	1420
Комплексный показатель расхода топлива ΣQ_T , л/100 км	9,0	9,3	10,2	11,0	15,2
Удельный комплексный показатель расхода топлива Σq_T , л/100 км·т	10,7	9,75	9,45	10,5	10,7

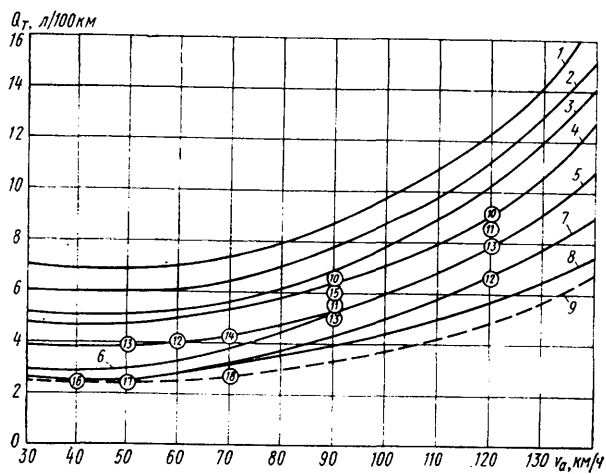


Рис. 1. Топливные характеристики автомобиля ВАЗ (1130 кг) с двигателем рабочим объемом 1300 см³ при установившемся движении: 1 — серийный выпуска 1970 г. (двигатель рабочим объемом 1200 см³); 2 — серийный выпуска 1975 г.; 3 — серийный выпуска 1980 г.; 4 — серийный выпуска 1981 г.; 5 — то же с раслоением заряда и повышением степени сжатия до 12,5; 6 — то же с отключением двух цилиндров; 7 — то же со снижением потерь на трение и привод вспомогательных агрегатов двигателя; 8 — снижение аэродинамического сопротивления движению автомобиля; 9 — проект (прогноз) после 1985 г.; 10 — автомобиль Метро фирмы Остин выпуска 1981 г.; 11 — автомобили Эскорт и Лункс фирмы Форд выпуска 1981 г.; 12 — автомобиль БМВ с камерой Fire ball и $\epsilon=11,5$; 13 — автомобиль Фольксваген с дизелем выпуска 1980 г.; 14 — автомобиль Исудзу с дизелем выпуска 1981 г.; 15 — автомобиль Ритмо фирмы FIAT; проектируемые на 1983—85 гг.: 16 — «Дженерал Моторс С»; 17 — Бритиш Лейланд; 18 — Рено и Пежо

годя отключению одной из секций цилиндров расход топлива можно будет снизить еще на 15—25%.

Таким образом, в настоящее время определились основные направления совершенствования автомобильных двигателей для снижения расхода топлива автомобилями на период 1985—1990 гг. Методы снижения выброса вредных веществ с отработавшими газами также определились и стабилизировались. Так, транзисторное зажигание, а также трехкомпонентный каталитический нейтрализатор и кислородный датчик являются теперь стандартным оборудованием большинства автомобилей американского и японского производства.

В табл. 2 приведены результаты, достигнутые в направлении снижения расхода топлива и выброса вредных веществ на примере легкового автомобиля контрольной массой 1520 кг.

В табл. 3 приведены значения комплексного показателя расхода топлива серийных автомобилей (по результатам длительных контрольных испытаний 1979—1980 гг.) различной контрольной массы, а также удельные комплексные показатели, отнесенные к 1 т массы автомобиля в снаряженном состоянии.

Из данных, приведенных в табл. 3, следует, что удельный комплексный показатель расхода топлива для отечественных автомобилей серийного выпуска 1979—1980 гг., отнесенный к 1 т массы автомобиля в снаряженном состоянии, в среднем составляет 10 л/100 км·т. Поэтому, исходя из табл. 1, перед двигателестроителями стоит задача снижения этого показателя примерно в 2 раза. Тогда расход топлива при установившемся движении автомобиля должен составлять при $v=40 \div 60$ км/ч не более 2,5 л/100 км·т, при $v=90$ км/ч не более 3,3 л/100 км·т, при $v=120$ км/ч не более 5,0 л/100 км·т и при движении по городскому европейскому циклу не более 6,0 л/100 км·т. Это возможно в период 1985—1988 гг. В работе [7] показаны некоторые резервы снижения расхода топлива при движении автомобиля по европейскому ездовому циклу за счет совершенствования процессов смесеобразования и сгорания.

На рис. 1 показано изменение расхода топлива при установившемся движении автомобиля контрольной массой 1130 кг по методике Правил ЕЭК ООН с двигателем рабочим объемом 1300 см³ как самого распространенного в серийном производстве в 1970 и 1975 гг. до прогнозной (штриховая линия) характеристики, которая должна быть обеспечена после 1985 г. На этом же рисунке показаны расход топлива и показатели ряда серийных автомобилей зарубежного производства: Эскорт, Лункс фирмы Форд, Метро фирмы Остин, Фольксваген и Исудзу, а также объявленные некоторыми фирмами на 1983—1985 гг. показатели своих перспективных автомобилей.

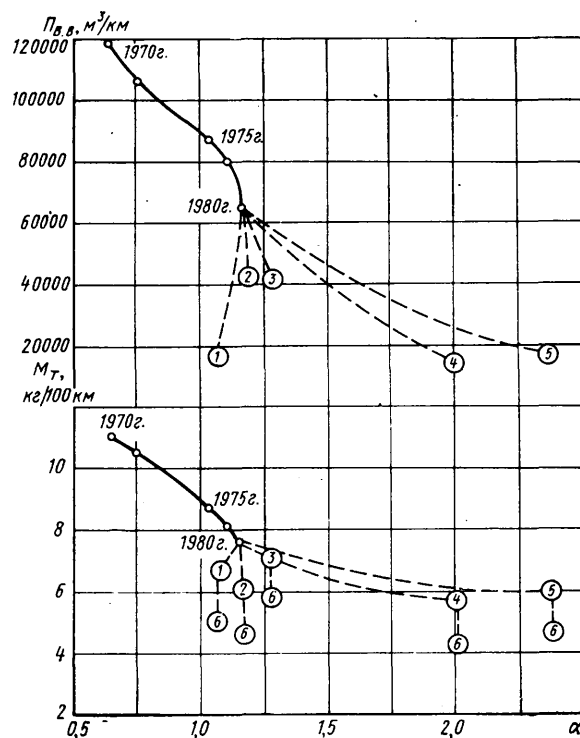


Рис. 2. Изменение массы топлива M_t и показателя $\Pi_{в.в}$ в зависимости от α :

- 1 — трехкомпонентный нейтрализатор; 2 — раслоение заряда ($\epsilon=12,5$); 3 — форкамерно-факельное зажигание; 4 — бензоводородная смесь; 5 — дизель; 6 — отключение цилиндров

На рис. 2 сплошными линиями показаны изменения с 1970 по 1980 гг. показателя $\Pi_{в.в}$ вредного воздействия двигателя на атмосферу города и расхода топлива при испытании автомобиля контрольной массой 1130 кг по методике международных Правил № 15 ЕЭК ООН, а также прогноз (штриховые линии) изменения этих показателей в случае реализации описанных выше способов совершенствования двигателей.

Показатель вредного воздействия двигателя на атмосферу города количественно оценивает объем воздуха, загрязненного вредными веществами до значений среднесуточных предельно допустимых концентраций, и объем воздуха, необходимого для разбавления до безвредной для человека концентрации (7%) кислорода в объеме воздуха, израсходованного для сжигания топлива. Указанный суммарный объем воздуха, отнесенный к работе, совершаемой двигателем автомобиля, можно использовать в качестве показателя вредного воздействия этого двигателя на атмосферу города.

Таким образом, успехов в совершенствовании параметров технического уровня двигателей внутреннего сгорания можно достигнуть, если значительно сократить потери на трение и привод вспомогательных агрегатов, повысить степень сжатия до 12—13 ед., применить процессы смесеобразования с раслоением заряда и интенсификацией сгорания, применить электронное регулирование систем двигателя, обеспечить работу двигателя на оптимальных режимах по расходу топлива, применить турбонаддув, а также обеспечить отключение части цилиндров (или секций) на режимах малых и средних нагрузок и частот вращения коленчатых валов двигателей.

При реализации всех перспективных направлений совершенствования двигателей после 1985 г. могут быть достигнуты топливноэнергетические показатели автомобилей, значения которых расположены ниже кривой, приведенной на рис. 1 (штриховая линия), при уменьшенном показателе вредного воздействия двигателя на атмосферу.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Кутнев В. Ф. Стандарты ограничивают токсичность отработавших газов автомобилей с бензиновыми двигателями. — Стандарты и качество, 1979, № 8, с. 13—14.
2. Картли Д. Автомобильная промышленность ФРГ. — Автомобильная промышленность США, 1979, № 5, с. 15—17.
3. Gußen Dusan, Hahn Rolf, Striebich Helmut. Mogeicheiben der Verbrauchsverringierung bei Ottomotoren hoher spezifischer Leistung. — ATZ, 1980, № 2, S. 77—82.

4. Mc. Elroy John. Your Future Engine. — Automotive Industries, 1980, 160, № 1, p. 43—48.

5. Кутенев В. Ф., Игнатович И. В., Топунов В. Н. Теория и практика оценки токсичности двигателей суммарным показателем. — Автомобильная промышленность, 1981, № 3, с. 8—9.

6. Кутенев В. Ф., Гусаров А. П., Аранов В. Ф. Возможности улучшения топливной экономичности и снижения токсичности

легковых автомобилей при эксплуатации в городских условиях. — Автомобильная промышленность, 1979, № 6, с. 6—8.

7. Гусаров А. А., Кутенев В. Ф. Важнейшие резервы улучшения топливной экономичности и снижения токсичности автомобилей. — Автомобильная промышленность, 1981, № 5, с. 5—8.

УДК 621.43-384-03.00

Влияние материалов пары «кулачок — толкатель» на закон ускорения толкателя

П. С. МАКАРЕВИ

Кама

АНАЛИЗ работ, направленных на повышение работоспособности механизма газораспределения двигателей, показывает, что наиболее трудоемким является процесс подбора материалов пары «кулачок — толкатель». Если учитывать, что кривая ускорений толкателя определяет радиус начальной окружности и профиль кулачка, его характеристики по условиям смазки, а также оказывает решающее влияние на напряженность рабочих поверхностей пары «кулачок — толкатель» и динамику механизма газораспределения [1 и 2], то процесс подбора материалов пары «кулачок — толкатель» при неизменных параметрах и конструкции механизма газораспределения сводится к подбору соответствия свойств конструкционных материалов требованиям кривой ускорения толкателя. Иначе говоря, задавшись кривой ускорений толкателя, можно определить необходимые свойства материалов пары «кулачок — толкатель», а также решить обратную задачу: задавшись материалом пары, определить кривую ускорений толкателя. Учитывая, что максимальная скорость подъема толкателя, приходящаяся на один градус поворота кулачка, ограничивается размерами деталей пары «кулачок — толкатель» и их взаимным положением; уровень контактных напряжений в паре зависит от их величины на вершине кулачка при невращающемся коленчатом вале; радиус начальной окружности кулачка, удовлетворяющий равенству характеристик кулачка по условиям смазки в наиболее напряженных точках контакта, зависит от подъемов S_B толкателя на вершине кулачка в точке перемены знака ускорения $S_{S''=0}$ и аналога ускорения на вершине кулачка S_B'' , а также используя известную формулу Геронимуса и допускаемую величину контактного напряжения $[\sigma]$ для менее прочного материала пары, можно получить формулу для расчета максимальной скорости подъема толкателя. Формула показывает зависимость этой скорости от конструкции и материалов пары «кулачок — толкатель», параметров механизма газораспределения и угловой скорости коленчатого вала двигателя:

$$\left(\frac{dS}{d\alpha} \right)_{\max} = \frac{1}{57,3} \times \sqrt{R_T^2 - \left[\frac{0,592 \left(M \cdot 9 [n]^2 \frac{d^3 S}{d\alpha_B^2} u K_1 + P_a \right) u E_K E_T}{[\sigma]^2 (S_B - S_{S''=0}) (E_K + E_T)} + \varepsilon \right]^2} = \int_0^{\alpha_2} f''(\alpha) d\alpha = \int_{\alpha_2}^{\alpha_5} f''(\alpha) d\alpha,$$

где R_T — радиус плоской тарелки толкателя;
 M — приведенная к клапану масса механизма;
 $[n] = (1,2—1,4) n_{\text{ном}}$ — предельная частота вращения коленчатого вала (назначается исходя из конкретных условий работы двигателя);
 $d^3 S / d\alpha_B^2$ — отрицательное ускорение толкателя на вершине кулачка;
 u — передаточное отношение коромысла клапана;
 K_1 — коэффициент запаса, равный 1,05—1,15;
 P_a — изменение силы клапанных пружин вследствие вибрации витков (зависит от формы профиля кулачка; динамических качеств привода и т. п., ориентировочно находится в пределах +50—200 Н);

E_K, E_T — модули упругости материалов сопряженных поверхностей соответственно кулачка и толкателя;
 ε — смещение середины кулачка относительно оси толкателя;

$0 = \alpha_2; \alpha_2 = \alpha_5$ — продолжительности (в градусах поворота распределительного вала) соответственно отрицательных и положительных (включая рампы) участков ускорения толкателя на половине профиля кулачка;
 $f''(\alpha)$ — вторая производная (непрерывная) хода толкателя.

Имеющаяся возможность независимого определения максимальной скорости подъема толкателя как из условий рассмотрения конструкции механизма газораспределения, так закона изменения кривой ускорения толкателя показывает необходимость установления их взаимовлияния и учета этого закона при изменении элементов конструкции газораспределительного механизма. Из приведенной выше формулы видно, что при проектировании профиля кулачка кроме условия непрерывности производных закона хода толкателя необходимо иметь соответствие закона и параметров кривой ускорения толкателя величинам его хода на вершине кулачка и в точках перемены знака ускорений, величине ускорений на вершине кулачка, параметрам механизма газораспределения предельной угловой скорости коленчатого вала двигателя: конструкции и материалам пары «кулачок — толкатель».

В формуле свойства конструкционных материалов сопряженных поверхностей пары «кулачок — толкатель» характеризуются величиной отношения

$$\frac{E_K E_T}{[\sigma]^2 (E_K + E_T)} = A.$$

Так как абсолютные величины характеристик конструкции материалов (чугун, сталь, твердый сплав и их комбинации), применяемых для изготовления пары «кулачок — толкатель», существенно различаются, то каждая применяемая пара материалов характеризуется присущей только ей величиной указанного отношения.

Анализ известных методов профилирования кулачков показывает, что обеспечить соответствие частей приведенной выше формулы до выполнения расчетов профиля кулачка невозможно по следующим причинам:

для расчета задаются законами хода толкателя или кулакана;

не учитывается влияние конструкции, материалов и характеристик кулачка по условиям смазки в напряженных точках контакта пары «кулачок — толкатель», а также параметров механизма газораспределения и угловой скорости коленчатого вала двигателя на закон и параметры кривой ускорения толкателя;

нужно знать ускорение толкателя на вершине кулачка, максимальную скорость и подъем толкателя в точке перемены знака ускорения.

Очевидно, что методики профилирования кулачков нуждаются в изменении так, чтобы все эти данные и закон изменения ускорения были исходными для расчета профиля кулачка. Принципиальная возможность такого профилирования подтверждается тем, что если закон хода толкателя выражается функцией $S = f(\alpha)$, то расчет профиля возможен из любой его точки. Для этого в выражение для текущих значений

$$\text{да толкателя } S_i = S_0 + \int_0^{\alpha_i} \left[v_0 + \int_0^{\alpha_i} f''(\alpha) d\alpha \right] d\alpha \text{ необ}$$

димо вместо 0° (начало расчета профиля кулачка) подставить значение соответствующего угла, а вместо S_0 и v_0 — ход и скорость толкателя, соответствующие этому углу. Если точка начала расчета выбрана на вершине кулачка, то $S_0 = S_{\max}$, $v_0 = 0$. Это означает, что от кривой ускорения толкателя необходимо требовать, чтобы она обеспечила прохождение кривой его подъема через заданные условиями газообмена в двигателе точки.

В существующих методиках расчета профилей кулачков это требование выполняется путем выбора продолжительности хода толкателя по углу поворота распределительного вала и его подъемами в двух точках: на участке выбора зазора $S_{\alpha 4}$ и вершине кулачка S_{\max} . Однако в связи с тем, что при проектировании профиля кулачка протяженности отдельных участков кривой ускорения $0 - \alpha_1$; $\alpha_1 - \alpha_2$; $\alpha_2 - \alpha_4$; $\alpha_4 - \alpha_5$ можно выбирать любыми из колеблющихся в широких пределах соотношений, рекомендованных в литературе, и что через две точки, заданные на кривой хода толкателя, можно провести множество кривых (рис. 1), «время — сечение» под кривой хода оказывается заданным неконкретно. Чтобы устранить этот недостаток, на кривой хода толкателя целесообразно задать третью контрольную величину $S_{S''=0}$ в точке перемены знака ускорений, а протяженность отдельных участков кривой ускорений определить расчетом.

С целью выявления более конкретных требований, предъявляемых к кривой ускорений толкателя, типичную кривую ускорений половины профиля кулачка удобно представить состоящей из пяти (см. рис. 1) отдельных характерных участков с соответствующими непрерывными законами изменения ускорений $f_I(\alpha)$; $f_{II}(\alpha)$; $f_{III}(\alpha)$; $f_{IV}(\alpha)$ и $f_V(\alpha)$ на каждом из них: I — участок $0 - \alpha_1$ медленного увеличения отрицательных ускорений толкателя от $j_0 = d^2 S/d\alpha^2$ до $j(\alpha_1)$;

II — участок $\alpha_1 - \alpha_2$ резкого увеличения отрицательных ускорений толкателя от $j(\alpha_1)$ до $j(\alpha_2) = 0$;

III — участок $\alpha_2 - \alpha_3$ увеличения положительных ускорений толкателя от $j(\alpha_2) = 0$ до $j(\alpha_3) = j_{\max}$;

IV — участок $\alpha_3 - \alpha_4$ уменьшения положительных ускорений толкателя от $j(\alpha_3) = j_{\max}$ до $j(\alpha_4) = 0$;

V — участок $\alpha_4 - \alpha_5$ увеличения положительных ускорений толкателя на участке выбора зазора от $j(\alpha_4) = 0$ до $j(\alpha_5)$.

При этом должно быть выдержано условие непрерывности результирующей кривой ускорения в точках сопряжения участков, т. е. равенство ускорений на стыках участков. Тогда для результирующей кривой ускорения толкателя на половине профиля кулачка будет иметь место система уравнений $f''(\alpha) = f(\alpha)$, после преобразования которых можно получить выражения, показывающие, какие дополнительные требования (кроме непрерывности) предъявляются параметрами и конструкцией механизма газораспределения к частям результирующей кривой ускорения толкателя.

Анализ показывает следующее:

соответствие $(dS/d\alpha)_{\max}$ и $S_{\max} - S_{S''=0}$ законам $f_I''(\alpha)$ и $f_{II}''(\alpha)$ требует точного определения положения угла α_3 ;

на участке выбора зазора законы скорости и хода толкателя определяются законом его ускорения, а максимальные величины подсчитываются по выражениям

$$dS/d\alpha_4 = - \int_{\alpha_4}^{\alpha_5} f_V''(\alpha) d\alpha \quad \text{и} \quad S_{\alpha_4} = \int_{\alpha_4}^{\alpha_5} \int_{\alpha_4}^{\alpha_5} f_V''(\alpha) d\alpha d\alpha.$$

системы уравнений и исходные данные позволяют определить величины, необходимые для обеспечения соответствия кривой ускорения требованиям параметров и конструкции механизма газораспределения и пары «кулачок — толкатель».

Так как изменением параметров можно изменять величину $dS/d(\alpha)_{\max}$ и положение углов α_1 и α_3 , то можно регулировать и продолжительность участка $\alpha_1 - \alpha_2$ резкого увеличения отрицательных ускорений толкателя, а, тем самым, оказывать влияние на напряженность материалов и условия смазки в точках контакта на наиболее дефектных участках сопрягаемых поверхностей кулачка и тарелки толкателя.

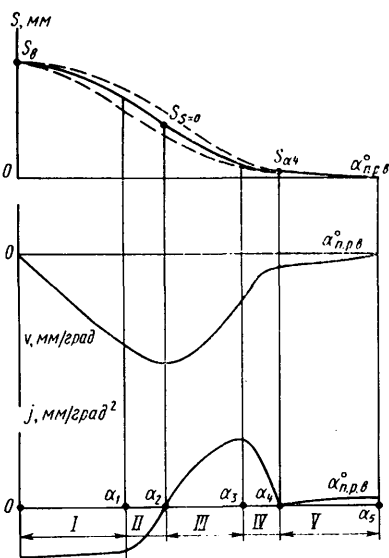


Рис. 1. Кинематика толкателя

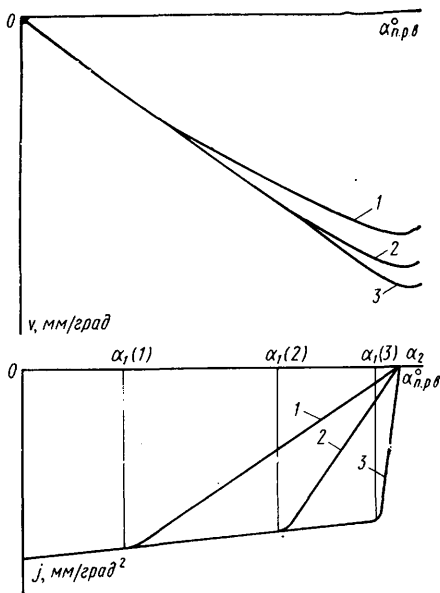


Рис. 2. Кривые ускорения и скорости толкателя при различных материалах пары «кулачок — толкатель»:

1 — «сталь — твердый сплав»; 2 — «сталь — сталь»; 3 — «чугун — чугун»

Анализ возможных изменений параметров показывает, что характеристики $[\sigma]$, E_k и E_T конструкционных материалов, применяемых для изготовления пары «кулачок — толкатель», оказывают существенное влияние на величину $(dS/d\alpha)_{\max}$ и продолжительность участка $\alpha_1 - \alpha_2$ (рис. 2), поэтому каждой применяемой паре материалов на сопряженных поверхностях кулачка и толкателя (индивидуально для каждого двигателя) должно соответствовать на кривой ускорения свое положение углов α_1 и α_3 , чтобы обеспечить приемлемые условия для работы пары. На модернизируемом двигателе (при сохранении кривой ускорений толкателя, конструкции механизма газораспределения и пары «кулачок — толкатель») замена конструкционных материалов может сказаться положительно на работоспособности пары только в том случае, если величина отношения A будет расти [требуемая величина $(dS/d\alpha)_{\max}$ будет уменьшаться], а свойства материалов по условиям смазки в наиболее нагруженных точках контакта будут соответствовать характеру протекания имеющейся кривой ускорения.

Таким образом, существующие методики профилирования кулачков распределительных валов ДВС нуждаются в доработке. Кривая ускорения толкателя, обладая свойством непрерывности, должна соответствовать характеристикам двигателя, параметрам механизма газораспределения, параметрам конструкции и материалам сопряженных поверхностей пары «кулачок — толкатель». Изменение конструктивных материалов пары «кулачок — толкатель» (при сохранении других исходных данных) требует изменения величины $(dS/d\alpha)_{\max}$, положения углов α_1 и α_3 и, как следствие этого, результирующей кривой ускорений толкателя на оприцательном и положительном участках. На существующих двигателях работоспособность пары «кулачок — толкатель» можно увеличить заменой конструктивных материалов лишь в том случае, если абсолютная величина отношения A будет больше, чем у исходной пары, а свойства материалов по условиям смазки в наиболее нагруженных точках контакта будут соответствовать характеру протекания имеющейся кривой ускорения. Профилирование кулачков распределительных валов двигателей с учетом обеспечения соответствия кривой ускорения толкателя требованиям характеристик двигателя, параметрам механизма газораспределения, параметрам конструкции и материалам пары «кулачок — толкатель» позволит повысить качество расчетных работ и разрабатываемой чертежно-технической документации и сократить сроки доводочных работ по подбору конструктивных материалов для этой пары.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Корчемный Л. В. Механизм газораспределения двигателя. М.: Машиностроение, 1964. 148 с.
2. Макаревич П. С. Влияние геометрии кулачка на работоспособность пары «кулачок — толкатель». — Автомобильная промышленность, № 9, 1977, с. 10—13.

О перспективных нормах расхода топлива грузовыми автомобилями

УДК 629.113.073.286:629.114.4

Канд. техн. наук А. А. ТОКАРЕВ, Р. Г. ГАЛУСТЯН, Э. И. НАРКЕВИЧ, В. А. КОРАБЛЕВ, В. Г. ДАВЫДОВ, Ю. А. ХАЗИКОВ

Центральный научно-исследовательский автополигон НАМИ

П РОБЛЕМА экономии топливно-энергетических ресурсов страны и необходимость обеспечения высокого уровня топливной экономичности отечественных грузовых автомобилей поставила перед автомобильной промышленностью задачу создания методики оценки уровня топливной экономичности грузовых автомобилей и назначения на ее основе перспективных норм расхода топлива при заданных режимах движения. В основу разрабатываемых перспективных норм расхода топлива положена зависимость расхода топлива от полной массы автомобиля. Такая зависимость построена как для бортовых автомобилей, так и для седельных тягачей и автомобилей-самосвалов, имеющих дополнительные потери мощности при движении.

Перспективные нормы расхода топлива разработаны и для серийных, и для подготавливаемых к производству автомобилей, так как автомобильные заводы имеют ограниченные возможности внесения конструктивных изменений в серийно выпускаемую продукцию.

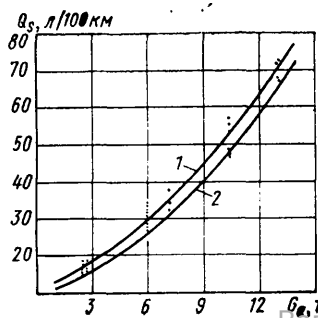
Для серийных автомобилей нормы определены исходя из достигнутого среднего уровня расхода топлива на 1979 г. со снижением его на каждый последующий год не менее чем на 1%. Для перспективных автомобилей нормы расхода топлива заданы значительно жестче. Следует отметить также, что карбюраторные двигатели предусмотрены для перспективных автомобилей только полной массой не более 7000 кг. Нормы расхода топлива для этих автомобилей на 1985 г. назначены на 10% меньше нижнего (лучшего) уровня. Этот уровень расхода топлива определен по данным испытаний отечественных и зарубежных автомобилей и представляет собой нижнюю огибающую кривую поля рассеивания экспериментальных данных (см. рисунок). В дальнейшем предусматривается планомерное снижение расхода топлива для этих автомобилей не менее чем на 1% в год.

Анализ результатов исследований позволяет выделить два основных направления снижения расхода топлива автомобилей в порядке степени их влияния на топливную экономичность.

1. Двигатель: использование дизелей вместо карбюраторных двигателей (до 30%), разработка дизелей без системы охлаждения с керамическими деталями цилиндро-поршневой группы и системы впуска и выпуска (до 30% при одновременном снижении массы автомобиля путем исключения рубашки охлаждения и сокращения размеров подкапотного пространства) [1]; применение двигателя Стирлинга (до 25%) [2]; применение низкооборотных двигателей (до 14%) при одновременном уменьшении массы силового агрегата путем снижения числа передач [3]; снижение потерь мощности на привод вспомогательных агрегатов и уменьшение внутренних потерь на трение (до 5%); повышение качества топливной аппаратуры, совершенствование систем впуска — выпуска и т. д.

2. Автомобиль: применение шин улучшенной конструкции:

Зависимость расхода топлива от полной массы автомобиля:
1 — средний уровень по результатам испытаний на 1980 г.; 2 — нижняя огибающая результатов испытаний



радиальных с металлокордным брекером, в том числе широкопрофильных (до 15%); уменьшение аэродинамического сопротивления путем установки обтекателей (спойлеров); применение специализированного прицепного состава с жесткими бортами или натянутым тентом (до 10%); оптимизация мощности двигателя и параметров трансмиссии с учетом назначения автомобиля (до 10%); снижение собственной массы автомобилей в результате применения легированных сталей, алюминия, пластмасс; специальных шин для прицепного состава (до 5%); уменьшение потерь в трансмиссии (до 2%) и др.

Многие из этих направлений можно внедрить лишь на перспективных моделях автомобилей. Однако определенные возможности снижения расхода топлива имеются и для выпускаемых в настоящее время автомобилей, что следует, например, из анализа топливной экономичности автомобилей, близких по типу и назначению. Рассмотрим, например, два седельных тягача (№ 1 и № 2) и два бортовых автомобиля (№ 3 и № 4), из которых первые имеют более высокий расход топлива на протяжении ряда лет.

Анализ их технических характеристик показывает, что автомобиль № 1 по отношению к автомобилю № 2 имеет следующие отличия по показателям, влияющим на топливную экономичность:

- большую массу автопоезда (на 6,4%);
- большее передаточное число ведущего моста (на 9,3%);
- диагональные шины вместо радиальных;
- большее количество шин автопоезда (14 вместо 10).

В результате испытаний автомобиля № 1 на радиальных шинах установлено, что сопротивление движению автопоезда при скорости 40 км/ч, по сравнению с данными испытаний 1979 г. (диагональные шины), уменьшилось на 18,7%, топливная экономичность при скорости движения 60 км/ч повысилась на 12%, а при скорости движения 40 км/ч — на 9,5%. Так как испытания проводили в разные годы и на разных автомобилях, то для уточнения результатов был проведен расчет с использованием данных по выбегу для определения силы сопротивления движению и стендовых нагрузочных характеристик двигателя. При этом было установлено, что снижение сопротивления движению автомобиля № 1 до величины сопротивления движения автомобиля № 2 при скорости 40 км/ч должно обеспечить на автомобиле № 1 экономию расхода топлива до 13%. Кроме того, при той же удельной силе сопротивления движению уменьшение массы автомобиля № 1 до массы автомобиля № 2 позволит снизить расход топлива при скорости 40 км/ч на 5%, а снижение передаточного числа ведущего моста — до такой же величины как у автомобиля № 2, т. е. примерно на 3%. Одновременное улучшение этих двух показателей позволит уменьшить расход топлива примерно на 8%. Данные испытаний помогли также установить, что автомобиль № 1 на тех же шинах, что и автомобиль № 2, имеет удельное сопротивление движению примерно на 1,5% больше, что, по видимому, является следствием наличия «лишней» оси полуприцепа (четыре колеса). Учитывая это, можно ожидать дополнительного снижения расхода топлива примерно до 1,5%.

Из результатов испытаний автомобилей № 3 и № 4 видно, что расход топлива первого больше на 11,5% при скорости движения 60 км/ч, несмотря на почти одинаковые полные массы (разница 0,5%), меньшее число осей и соответственно колес и меньшее (на 12%) передаточное число трансмиссии (разница в передаточном числе обусловлена разницей в диаметре шин). Анализ ре-

зультатов испытаний на выбег показал, что сопротивление движению и удельное сопротивление автомобиля № 3 больше, по сравнению с автомобилем № 4, соответственно на 7,7 и 7,1%. В результате расчета было установлено, что при одинаковом удельном сопротивлении движению автомобилей № 3 и № 4 автомобиль № 3 будет расходовать топлива на 5,7% меньше. Улучшение нагрузочных характеристик двигателя автомобиля № 3 до характеристик двигателя автомобиля № 4 позволит улучшить топливную экономичность автомобиля № 3 еще на 8,4%.

В целом, внедрение этих двух мероприятий позволит иметь расход топлива на автомобиле № 3 на 3,2% меньше, чем на автомобиле № 4, при этом должны значительно улучшиться и его скоростные свойства.

Как видно из приведенных примеров, каждый тип серийно выпускаемого автомобиля (автопоезда) может иметь свои реальные пути снижения расхода топлива. Это подтверждается и результатами оценки топливной экономичности автомобилей выпуска 1978—1980 гг. В результате раз-

работки и внедрения мероприятий, направленных на снижение расхода топлива автотранспортными средствами, топливная экономичность их улучшилась в среднем на 3—8% по сравнению с уровнем 1977 г. В дальнейшем необходимо разработать нормы расхода топлива для магистральных и городских условий движения автомобилей с учетом накопленных материалов по испытаниям грузовых автомобилей в ездовых циклах (РТМ 37.031.018—80).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Внедрение керамических материалов в конструкцию дизелей. — Автомобильная промышленность США, № 5, 1980, с. 4—7.
2. Будущее автомобильных двигателей 80-х годов. — Автомобилестроение: Экспресс-информ., 1977, № 18, с. 14—21.
3. Сорочан Ю. П., Тер-Мкртчян Г. Г.: Зарубежные дизельные двигатели высокой приспособляемости. — Конструкции автомобилей: Экспресс-информ., 1980, № 9, с. 38—39.

УДК 629.113.073.286:629.114.5

Топливная экономичность и динамика автобуса с регуляторами различных типов

Канд. техн. наук Л. В. КРАЙНЫК, Р. В. ПЕЛЕХАТЫЙ,
канд. техн. наук А. А. ТОКАРЕВ, И. В. СМИРНОВ, Г. А. НАГОРНЯК

Львовский политехнический институт, ВКЭИавтобуспром,
Центральный научно-исследовательский автополигон НАМИ

определение топливно-скоростных характеристик (режимов) разгона до скорости $v_k=60$ км/ч для трех фиксированных положений педали топливоподачи и при смене трех состояний массы (девять характеристик для одного типа регулятора);

Таблица 1

Уровень фактора	Кодированное значение	Натуральные значения факторов			
		h , %	G_a , кг	v_k , км/ч	$S_{ц}$, м
Верхний	+	100	13750	60	750
Нулевой	0	75	12100	45	500
Нижний	—	50	10350	30	250

Таблица 2

Факторы			Расход топлива, $Q_{ц}$, л/100 км, дизеля с регулятором		Средняя скорость движения, $v_{ср}$, км/ч, с регулятором	
X_1	X_2	X_3	всережимным	двух-режимным	всережимным	двух-режимным
+	+	+	35,5	34,31	29,57	30,39
+	+	+	34,68	29,68	29,44	27,77
+	+	+	35,56	35,23	26,58	26,56
+	+	+	35,70	29,90	26,26	26,17
+	+	+	27,29	25,30	48,18	47,42
+	+	+	25,55	19,48	46,65	39,21
+	+	+	27,06	26,67	41,03	49,99
0	0	0	27,46	20,91	41,38	33,18
+	0	0	32,42	29,94	33,91	32,05
+	0	0	32,84	31,21	34,00	34,70
0	0	0	32,38	26,65	33,62	26,39
0	+	0	32,14	28,14	36,35	33,76
0	0	+	33,07	29,62	30,96	29,49
0	0	+	34,77	31,94	28,19	27,66
+	0	+	26,47	22,92	44,97	40,86
+	+	0	33,18	31,65	36,09	37,32
+	+	0	33,99	26,56	30,89	27,67
+	+	0	33,05	32,74	31,01	31,31
+	+	0	30,15	25,86	35,05	30,19
+	0	+	25,00	34,34	28,23	28,57
+	0	+	26,41	20,16	33,89	36,27
+	0	+	26,98	25,67	44,89	45,45
0	+	+	34,70	29,50	27,83	26,75
0	+	+	34,74	32,00	29,78	29,08
0	+	+	27,15	23,79	41,26	37,09
0	+	+	26,08	23,39	48,83	43,32
0	+	+	35,59	32,56	26,59	26,27

Примечание. $X_1=(h-75)/25$ — кодированное значение положения педали топливоподачи в фазе разгона;
 $X_2=(G_a-12100)/1650$ — кодированное значение массы автобуса;
 $X_3=(S_{ц}-500)/250$ — кодированное значение протяженности пе-
региона.

ПРОИЗВОДСТВО семейства дизелей КамАЗ позволило перейти к оснащению ими, кроме магистральных автопоездов и грузовых автомобилей, также и перспективных городских автобусов. Серийные транспортные двигатели КамАЗ оборудованы всережимными регуляторами. На аналогичных зарубежных двигателях находят применение и двухрежимные регуляторы. Регуляторы обуславливают формирование различных нагрузочных и скоростных режимов работы дизеля, а следовательно, и силового привода в целом.

В связи с этим обстоятельством, а также с тем, что условия работы автомобилей КамАЗ отличаются от условий работы городских автобусов, Львовским ордена Ленина политехническим институтом им. Ленинского комсомола, ВКЭИавтобуспром и Центральным научно-исследовательским автополигоном НАМИ приведен комплекс исследований, ставящих своей целью оценить:

влияние типа регулятора на показатели движения автобуса, т. е. топливную экономичность и динамику как фазы разгона, так и циклического движения в целом;

уровень взаимосвязи типа регулятора дизеля и показателей немоновых переходных процессов трансмиссии, т. е. динамики процессов переключения, устойчивости автоколебательных процессов при циклических переключениях и т. д.

Так как по существующей методике определения топливно-скоростных свойств автомобилей фиксировать различия между типами регулирования фактически невозможно (из-за условия разгона дизеля по внешней скоростной характеристике), была разработана специальная методика, учитывающая режимы частичных нагрузок, наиболее характерные для реальных условий эксплуатации. В качестве варьируемых факторов, определяющих топливно-скоростные свойства автобуса с тем или иным регулятором дизеля при прочих равных условиях, на основании априорной информации были приняты:

в фазе разгона — положение (высота) педали топливоотдачи h , масса автобуса G_a , конечная скорость разгона v_k ; в циклическом движении автобуса — положение (высота) педали топливоподачи при разгоне h , масса автобуса G_a , длина цикла движения $S_{ц}$.

Принятые диапазоны возможного изменения исследуемых факторов, характерные для городских условий движения и учитывающие как скоростные, так и нагрузочные режимы работы автобуса, приведены в табл. 1.

В основу сравнительных дорожных испытаний была положена матрица ортогонального планирования типа 3^3 с варьированием исследуемых факторов на трех уровнях (табл. 2). Испытания проводились на Центральном научно-исследовательском автополигоне НАМИ, при этом представлялось наиболее целесообразным реализовать матрицу планирования следующим образом:

определение топливных характеристик установившегося движения для рассматриваемых состояний массы; определение характеристик режимов замедления для исследуемых состояний массы.

Наличие данных характеристик и фиксация величины замедления для всех циклов движения $j_c = 1 \text{ м/с}^2$ дает возможность определить топливно-скоростные свойства автобуса для каждого из любых сочетаний факторов, т. е. управляемых переменных $h, G_a, v_k, S_{ц.}$ характеризующих циклическое движение. Исследования проводили на автобусе ЛАЗ-4202, оснащенный комплексом необходимой измерительной аппаратуры [1]. Двигатель автобуса оборудовали попеременно всережимным и двухрежимным регуляторами.

В результате статистической обработки данных эксперимента (табл. 2) и оценки их воспроизводимости и адекватности с учетом осреднения данных по конечным скоростям разгона в цикле и возможных вариантов прохождения циклов [1] были получены соответствующие уравнения регрессионной взаимосвязи исследуемых факторов для всережимного и двухрежимного регуляторов.

Полученные уравнения позволили дать количественную оценку соотношения технической скорости движения $v_{ср}$ и расхода топлива $Q_{ц}$ в циклическом движении для обоих типов регуляторов в диапазоне, охватывающем наиболее характерные условия движения автобуса в городе (табл. 1). На рис. 1,а представлены результаты сравнения топливно-скоростных показателей, проведенного для ряда фиксированных положений педали топливоподачи и пассажиронагруженности автобуса при изменении длин перегонов (за основу сравнения взяты показатели автобуса с всережимным регулятором двигателя). Как видно из приведенных на рис. 1 данных, топливная экономичность улучшается на 15—17% в условиях большой пассажиронагруженности автобуса при движении на коротких перегонах с малой топливоподачей. Для условий, близких к среднеексплуатационным, расход топлива $Q_{ц}$ за цикл для автобуса с двухрежимным регулятором ниже на 5—10%. Однако, если не ограничиваться пределами конечных скоростей разгона, всережимное регулирование двигателя автобуса существенно повышает средние скорости движения при $h < 100\%$ — до 20%. Для среднеексплуатационных условий $v_{ср}$ возрастает на 8—15%.

На рис. 1,б представлен график соотношения показателей движения автобуса ЛАЗ-4202 для всего диапазона возможного изменения положений педали топливоподачи h в различных условиях движения. Результаты свидетельствуют о существенной разнице показателей по топливной экономичности и скоростным свойствам, увеличивающейся при увеличении удельного веса работы двигателя на частичных режимах и усложнении условий движения. При этом показатели топливной экономичности несколько занижены (на 2—3%) для двухрежимного регулятора ввиду неидентичности рабочих характеристик топливной аппаратуры [3].

В процессе проведения испытаний при движении автобуса с постоянной скоростью было зафиксировано также увеличение необходимого усилия на педали топливоподачи при всережимном регулировании в среднем на 40—150%.

Исследование взаимосвязи динамики переключения ГМП и типа регулятора дизеля проводилось с варьированием двух основных факторов, характеризующих условия процесса переключения на тяговом режиме: положения педа-

ли топливоподачи h и скоростей движения $v_{ц.}$, при которых осуществляются переключения. Масса автобуса $G_a = 11250 \text{ кг}$. Испытания вели при переключениях между первой и второй ступенями ГМП с работающим гидротрансформатором, блокировкой его на второй ступени и последующим переключением между второй и третьей ступенями при заблокированном гидротрансформаторе. С учетом матричного варьирования исследуемых факторов h и $v_{ц.}$ на трех уровнях и необходимости трехкратного дублирования опытов число заездов для каждого из типов регулятора составляло $N = 3 \times 9 = 27$. Плавность переключений оценивалась критерием «джерк» dja комитета SAE, динамическая нагруженность трансмиссии — показателем динамической нагруженности M_d [2], представляющим собой отношение разницы между максимальным и минимальным моментами на выходе ГМП ко времени изменения моментов.

Эти параметры фиксировали на осциллограмме при помощи акселерометра АП-47 и кремниевых полупроводниковых тензодатчиков с высоким значением тензочувствительности, позволяющим обойтись без предварительного усилия информационного сигнала.

Результаты эксперимента дают возможность рассчитать коэффициенты регрессии по показателям «джерк» dja и M_d для каждого из переключений ступеней ГМП.

При исследованиях было зафиксировано наличие кратковременного разрыва силового потока ГМП, причем степень его влияния на динамику процесса переключения ступеней заметно больше по сравнению с влиянием типа регулятора. С учетом реальных возможностей оптимизации динамики переключения ступеней ГМП путем синхронизации сигналов управления по времени с помощью электронных систем автоматики был разработан и реализован на ЭЦВМ соответствующий алгоритм исследования динамики переключения при переклюти ступеней, близком к оптимальному [2]. При этом, кроме двух приведенных выше оценочных показателей, рассчитывали работу буксования фрикционов. В частности, при установке всережимного регулятора было зафиксировано значительное возрастание работы буксования фрикционов (до 150—170%) [2].

Таким образом, аналитические и экспериментальные исследования динамики переключения ГМП позволяют констатировать, что практически во всем возможном диапазоне варьирования исследуемых факторов, характерном для городских условий движения автобуса, двухрежимный регулятор потенциально обеспечивает меньшую динамическую нагруженность трансмиссии при переключениях передач ГМП, улучшает их плавность и уменьшает работу буксования фрикционов. Учитывая, что тип регулятора дизеля оказывает существенное влияние на формирование показателей динамики процесса переключения ГМП, находящегося в пределах 20—40%, предпочтительнее использовать двухрежимный регулятор.

Определяющим фактором при проведении исследований подобного рода являются эксплуатационные испытания на реальных маршрутах. В качестве последних были выбраны два автобусных маршрута г. Львова как характерные разновидности условий городского движения: с ровным профилем и средней интенсивностью транспортного потока; с движением по пересеченной местности и большой интенсивностью потока. Режимометрирование позволило зафиксировать заметное влияние типа регулятора на формирование эксплуатационных режимов работы дизеля и соответственно показателей движения городского автобуса.

На рис. 2 представлено статистическое распределение частоты вращения коленчатого вала дизеля и положения педали топливоподачи при движении на маршрутах в одинаковых условиях. Доля работы дизеля с всережимным регулятором в зоне частоты вращения коленчатого вала $n_e > 2000 \text{ мин}^{-1}$ на 15—18% выше, чем с двухрежимным.

Рис. 2. Статистическое распределение частоты вращения коленчатого вала и положения педали топливоподачи при движении на городских маршрутах (сплошные линии — всережимное регулирование; штриховые линии — двухрежимное регулирование)

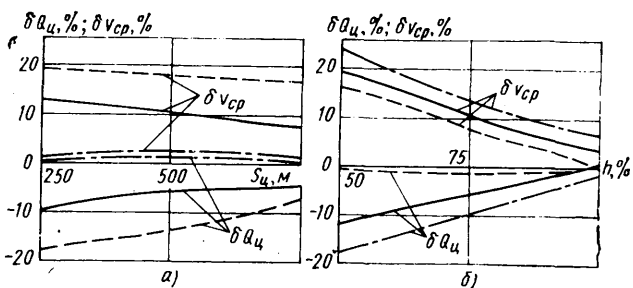
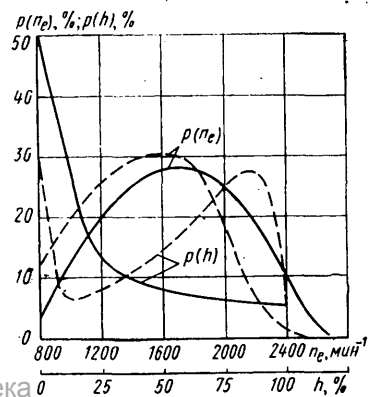


Рис. 1. Относительное изменение топливно-скоростных показателей циклического движения:

а — для различных длин циклов (штриховая линия — при $X_1 = -1, X_2 = +1$; сплошная линия — при $X_1 = 0, X_2 = 0$; штрих-пунктирная линия — при $X_1 = +1, X_2 = -1$); б — для исследуемого диапазона положений педали топливоподачи (штриховая линия — при $X_2 = -1, X_3 = +1$; сплошная линия — при $X_2 = 0, X_3 = 0$; штрих-пунктирная линия — при $X_2 = +1, X_3 = -1$); $\delta Q_{ц} = ((Q_{ц.в} - Q_{ц.д}) / Q_{ц.в}) \cdot 100\%$; $\delta v_{ср} = (v_{ср.в} - v_{ср.д}) / v_{ср.в} \cdot 100\%$ (индексы: «в» — всережимный регулятор, «д» — двухрежимный регулятор)



Для дизеля с двухрежимным регулятором вследствие прямой зависимости нагрузочного режима двигателя от органа топливоподдачи в основной зоне его работы характерны более высокие значения положений педали топливоподдачи. Однако в связи со спецификой функционирования всережимного регулятора вероятность выхода дизеля на режим внешней скоростной характеристики в этом случае составляет 15% против 5% при двухрежимном регуляторе. По той же причине около 50% времени работы дизель при всережимном регулировании работает на холостом ходу, в том числе и принудительно. В обоих случаях регулирование вероятности работы дизеля при $h=100\%$ невелика (5%).

В реальных эксплуатационных условиях установлено, что применение двухрежимного регулятора на дизеле позволяет уменьшить эксплуатационный расход топлива на 10—16% при незначительном снижении эксплуатационной скорости (до 4%). Последнее объясняется влиянием неустановившейся нагрузки и возникающего при этом процесса перерегулирования с всережимным регулятором.

Статистические результаты дорожных испытаний автобуса на городских маршрутах дают возможность оценить технико-эксплуатационную эффективность использования того или иного типа регулирования двигателя автобуса. Так как тип регулятора противоположно влияет на топливную экономичность и скорость движения, то для оценки эффектив-

ности был использован критерий приведенных затрат на перевозки [3], комплексно учитывающий эти факторы. Приведенные затраты на перевозки с применением всережимного регулирования на 1,5—2,5% выше, чем с применением двухрежимного. Расчет экономического эффекта, исходя из приведенных затрат, указывает на то, что использование двухрежимного регулятора вместо всережимного даст экономии не менее 300 руб. в год на один автобус.

Таким образом, результаты проведенных испытаний позволяют рекомендовать двухрежимный регулятор в качестве основного для городских автобусов.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Комплексные сравнительные исследования эффективности типа регулятора дизельного двигателя автобуса, оборудованного гидропередачей. И. В. Смирнов, Р. В. Пелехатый, А. А. Токарев и др. — В сб.: Труды ВКЭИ автобуспрома. Львов, 1980, с. 120—133.

2. Динамика переключения гидропередачи городского автобуса при различном регулировании его двигателя. И. В. Смирнов, Л. В. Крайнык, Р. В. Пелехатый, Г. А. Нагорняк. — В сб.: Труды ВКЭИ автобуспрома, Львов, 1979, с. 103—112.

3. Великанов Д. П. Эффективность автомобиля. М.: Транспорт, 1969. 240 с.

УДК 629.113.056.8:629.114.6.073.286

Прибор для экспериментальной оценки топливной экономичности легковых автомобилей

Канд. техн. наук Л. П. ЕГОРЫЧЕВ, О. Н. КУЗОВНИКОВ, канд. техн. наук А. Г. ШМИДТ

НАМИ

Для экспериментальной оценки топливной экономичности легковых автомобилей применяются ездовые циклы, позволяющие имитировать различные условия движения автомобиля при испытаниях на стенде с беговыми барабанами.

При проведении подобных испытаний водитель при помощи специального прибора (такие приборы выпускает, например, японская фирма ОНО СОККИ) должен точно воспроизводить заданные ездовые циклы. Принцип действия прибора основан на непрерывной индикации скорости движения автомобиля, предписанной ездовым циклом, и его фактической скорости: заданная ездовым циклом скорость движения в виде графика изображается на перемещающейся пропорционально времени диаграммной ленте, а указатель фактической скорости (световое пятно) перемещается перпендикулярно направлению движения ленты пропорционально фактической скорости автомобиля. Прибор устанавливается в поле зрения водителя, который в процессе управления автомобилем непрерывно следит за совмещением светового пятна с заданным графиком скорости.

Отечественная промышленность подобных приборов не изготавливает. Поэтому, учитывая острую потребность в подобных приборах, в НАМИ спроектирован и изготовлен прибор (рис. 1) для воспроизведения водителем ездовых циклов (ВЕЦ) при проведении испытаний автомобилей на стенде с беговыми барабанами.

Этот прибор разработан на базе отечественного самонущего потенциометра КСП-4, в конструкцию которого внесены ряд существенных изменений. Так, на подвижной каретке КСП-4 вместо пера закреплено оптическое устройство для получения светового пятна на диаграммной ленте; на вход потенциометра через согласующее устройство подаются напряжение с тахогенератора, связанного с приводом беговых барабанов.

Заново разработана конструкция лентопротяжного устройства (рис. 2) для обеспечения не только протяжки ленты с заданной рабочей скоростью, но и возможности ускоренной ее перемотки в прямом и обратном направлении. Лента движется в горизонтальном направлении справа налево. С целью многократного использования графика ездового цикла, нанесенного на диаграммную ленту, складывающаяся бумажная лента полной шириной 305 мм (полезная ширина 250 мм) от потенциометра КСП-4 заменена более удобной для этих целей перфорированной бумажной лентой той же ширины от потенциометра ЭПП-09. Для увеличения срока службы этой ленты в лентопротяжном механизме предусмотрено специаль-

ное устройство, снижающее нагрузку на перфорацию ленты до минимума.

Указанный прибор отличается простотой конструкции, удобен в работе. С его помощью на стенде с беговыми барабанами было исследовано влияние передаточного числа главной передачи трансмиссии, шин и степени прогрева двигателя на показатели топливной экономичности современного легкового автомобиля малого класса (полная масса 1430 кг, двигатель рабочим объемом 1600 см³).

Испытания проводили при имитации городского движения автомобиля в соответствии с европейской методикой (инструкция И 37.001.018—78), а также городского и магистрального движений в соответствии с методикой агентства ЕРА по охране окружающей среды США. Кроме того, определяли осредненный расход топлива, представляющий собой сумму произведенных расходов топлива, измеренных в городском и магистральном циклах, на постоянные коэффициенты 0,55 и 0,45 соответственно.

Для каждого варианта комплектации автомобиля предварительно, на динамометрической дороге автополигона, определяли частоты вращения коленчатого вала и разряжения во впускном трубопроводе двигателя, необходимые для воспроизведения в условиях стендовых испытаний сопротивлений,

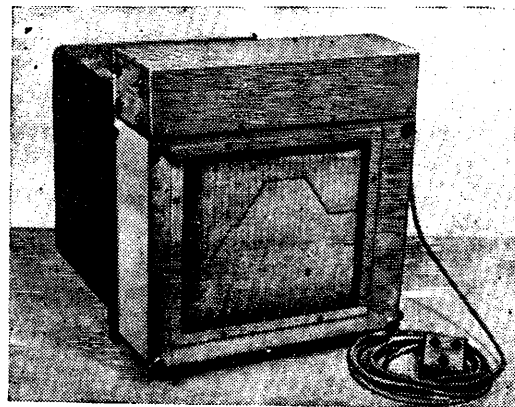


Рис. 1. Общий вид прибора для воспроизведения ездовых циклов (ВЕЦ)

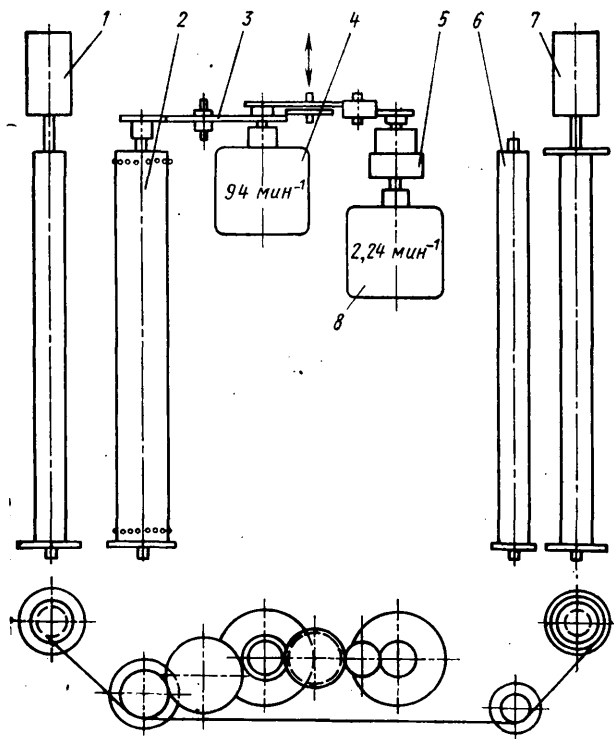


Рис. 2. Схема лентопротяжного устройства ВЕЦ:

1 — электродвигатель левого приемно-подающего узла; 2 — ведущий барабан; 3 — паразитная шестерня; 4 — электродвигатель ускоренной перемотки ($n=94$ мин⁻¹); 5 — электромагнитная муфта; 6 — направляющий барабан; 7 — электродвигатель правого приемно-подающего узла ($n=2,24$ мин⁻¹); 8 — электродвигатель рабочей скорости

имеющих место при движении автомобиля в дорожных условиях.

Влияние на топливную экономичность автомобиля передаточного числа главной передачи трансмиссии исследовали отдельно для случаев, когда автомобили укомплектовывали коробками передач двух вариантов (№ 1 и № 2) и главными передачами с различными передаточными числами (табл. 1).

Таблица 1

Передачи	Варианты коробок передач	
	№ 1	№ 2
I	3,66	3,75
II	2,11	2,11
III	1,36	1,43
IV	1,0	1,0

Перед испытаниями на беговых барабанах на динамометрической дороге автополигона были измерены (для контроля) пути свободного качения автомобиля с различными вариантами трансмиссии при начальной скорости движения, равной 50 км/ч. Оказалось, что величины выбега автомобиля при рассматриваемых комплектациях отличаются не более чем на 4%, что свидетельствует о практически одинаковых суммарных сопротивлениях движению

автомобиля при обоих вариантах коробок передач.

Результаты оценки влияния передаточного числа главной передачи на топливную экономичность рассматриваемого автомобиля приведены в табл. 2. Они свидетельствуют о том, что за счет оптимизации передаточных чисел трансмиссии экономия топлива рассматриваемого автомобиля может достигать 10%. Влияние шин на топливную экономичность автомобиля показано в табл. 3.

Из таблицы видно, что за счет шин расход топлива можно снизить до 7%.

В соответствии с требованиями методики EPA, расход топлива в городском цикле определяется при холодном пуске двигателя, и поэтому в начальный период выполнения езды

Режим испытаний (методика)	Расход топлива, л/100 км (%), при различных вариантах трансмиссии			
	№ 1, $u_0 = 3,9$	№ 1, $u_0 = 3,7$	№ 2, $u_0 = 3,9$	№ 2, $u_0 = 3,7$
Городской цикл (И 37.001.018—78)	10,0 (100)	9,5 (95)	10,8 (100)	9,7 (90)
Городской цикл (EPA)	9,8 (100)	9,0 (92)	10,1 (100)	9,1 (91)
Магистральный цикл (EPA)	6,8 (100)	6,3 (93)	7,0 (100)	6,5 (93)
Осредненный расход (EPA)	8,5 (100)	7,8 (92)	8,7 (100)	7,9 (91)

вого цикла возникает необходимость обогащать рабочую смесь с использованием системы пуска двигателя, что может способствовать некоторому возрастанию расхода топлива. Чтобы определить влияние прогрева автомобиля (его двигателя, агрегатов и шин) на топливную экономичность, провели испытания автомобиля по городскому циклу EPA, причем расход топлива определяли для прогретого и непрогретого двигателей при температуре окружающего воздуха 291—293 К (18—20°C) во всех рассмотренных выше его комплектациях (стенд с беговыми барабанами во всех случаях предварительно прогревали).

Таблица 3

Режим испытаний (методика)	Расход топлива, л/100 км (%), при использовании шин типа	
	165R13	175/70SR13
Городской цикл (И 37.001.018—78)	10,4 (100)	10,0 (96)
Городской цикл (EPA)	10,0 (100)	9,8 (98)
Магистральный цикл (EPA)	7,3 (100)	6,8 (93)
Осредненный расход (EPA)	8,8 (100)	8,5 (97)

Полученные результаты представлены в табл. 4. За 100% принят расход топлива непрогретым автомобилем.

Полученные результаты свидетельствуют о том, что различие расходов топлива у прогретого и непрогретого двигателей даже при температуре окружающего воздуха 291—293 К (18—20°C) может достигать 11% и определенным образом влиять на эксплуатационные расходы топлива. Указанное обстоятельство свидетельствует о необходимости проведения работ в направлении снижения потребления топлива автомобилем в периоды прогрева.

Таблица 4

Вариант комплектации			Расход топлива в городском цикле EPA, л/100 км (%) при	
Размер шин	Вариант коробки передач	Переда-точное число главной передачи	холодном пуске	горячем пуске
			175/70SR13	№ 1
175/70SR13	№ 1	2,7	9,0 (100)	8,2 (91)
175/70SR13	№ 2	3,9	10,1 (100)	9,0 (89)
175/70SR13	№ 2	3,7	9,1 (100)	8,8 (97)
165R13	№ 2	3,9	10,1 (100)	9,1 (91)

Таким образом, разработанный в НАМИ прибор для экспериментальной оценки топливной экономичности автомобиля, действительно является средством, позволяющим оценивать этот параметр автомобильной техники при ее испытании на барабанных стендах.

Исследование характеристик шин автомобилей «Урал»

Д-р техн. наук Я. Е. ФАРОБИН, А. М. ИВАНОВ

Московский автомобильно-дорожный институт

РАСЧЕТ параметров криволинейного движения автомобиля невозможен без знания характеристик шин по уводу и качению. В частности, отсутствие достаточно полных данных по характеристикам шин 14.00—20 модели ОИ-25, применяемых на автомобилях Уральского автозавода, исключает аналитическое определение показателей управляемости и устойчивости и анализ соответствующих эксплуатационных свойств перспективных автомобилей «Урал». В связи с этим было проведено комплексное исследование названной шины, позволившее получить значения коэффициентов сопротивления боковому уводу, коэффициентов сопротивления качению, радиусов качения колеса в ведомом режиме в широких диапазонах нормальной нагрузки и внутреннего давления воздуха в шине.

Экспериментальное исследование проводили на универсальном барабанном стенде модели 3302 в лаборатории шин и колес НАМИ [1].

Шина, предварительно обкатанная на автомобиле пробегом около 500 км, монтировалась на специальном стендовом колесе с ободом 254Г-508. После двухчасовой обкатки, необходимой для установления постоянного теплового режима, проводили замеры.

Для определения коэффициентов сопротивления боковому уводу шина при помощи механизма поворота твоекратно поворачивалась с угловой скоростью 0,53 град/с вправо и влево на угол $\pm(5-6)^\circ$ без остановки в нейтральном положении. Окружная скорость барабана поддерживалась постоянной и равной 20 км/ч. На двухкоординатном самописце регистрировалась зависимость боковой силы R_y от угла увода δ при непрерывном повороте колеса. По зависимости $R_y=f(\delta)$ вблизи начала координат рассчитывался коэффициент сопротивления боковому уводу шины. Нормальная нагрузка и внутреннее давление воздуха в шине в течение одного опыта оставались постоянными. опыты проводили при семи значениях нормальной нагрузки: 5, 15, 20, 22, 25, 27, 30 кН. После семи опытов давление в шине изменялось (0,383; 0,314; 0,215; 0,147 МПа).

Для определения коэффициентов сопротивления качению прогретая шина при нулевом угле поворота колеса разгонялась до определенной скорости и сигналы с датчика касательной силы и датчика скорости регистрировались на двухкоординатном самописце. Так как непрерывное увеличение скорости вращения барабана вызывали большие инерционные силы, искажающие показания датчика касательной силы, скорость изменялась ступенчато. Таким образом, на диаграмме зависимости силы сопротивления качению от скорости получалось шесть—семь точек при диапазоне изменения скорости качения 5—80 км/ч. Для исключения случайных ошибок опыты повторяли. Проводили их при трех значениях давления воздуха в шине (0,383; 0,314; 0,215 МПа) и при каждом давлении — при четырех значениях нагрузки (15, 20, 24, 30 кН).

Радиусы качения колеса в ведомом режиме $r_{кв}$ определяли при окружной скорости барабана 3—5 км/ч и тоже на прогретой шине. Угол поворота колеса равнялся нулю. При испытаниях фиксировалось число оборотов колеса и время, за которое колесо совершит данное число оборотов. Те же параметры фиксировались для барабана. После этого вычислялся радиус качения колеса. опыты проводили при трех значениях давления воздуха в шине (0,314; 0,215; 0,147 МПа) и при каждом давлении — при четырех нормальных нагрузках (16, 20, 26, 30 кН).

На рис. 1 показаны зависимости коэффициента сопротивления боковому уводу от нормальной нагрузки при различных давлениях воздуха в шине.

Характер протекания всех экспериментальных кривых (сплошных) одинаков — все они имеют точку перегиба за номинальными нагрузками. Для нагрузок, близких к номинальной (25 кН), коэффициент сопротивления боковому уводу с увеличением давления воздуха в шине до 0,314—0,323 МПа растет, после чего начинает падать. В области малых и средних нагрузок изменение давления воздуха оказывает противоположное действие на коэффициент сопротивления боковому уводу.

При анализе полученных зависимостей было отмечено резкое увеличение кривизны графиков в области точек пере-

гиба при относительно небольшой кривизне в области малых и средних нагрузок, что не согласуется с опубликованными данными для крупногабаритных и среднегабаритных шин. В связи с этим был проведен расчет по известным эмпирическим формулам [2 и 3]. Брели две точки в области нагрузок 5—20 кН и эти нагрузки подставляли в формулы, связывающие нормальную нагрузку и коэффициент сопротивления боковому уводу. Затем определяли координаты расчетной точки перегиба и строили графики (штриховые линии). Интересно, что все расчетные точки перегиба лежат на одной прямой.

Экспериментальные и расчетные кривые совпадают до нагрузок 19,62—21,58 кН при любых давлениях воздуха в шине, что подтверждает достоверность экспериментальных значений K_y для данного диапазона нормальных нагрузок и правильность эмпирических формул. Для повышенных нормальных нагрузок наблюдается расхождение между расчетными и экспериментальными кривыми. Одной из причин этого является процесс скатывания верхнего слоя протектора в небольшие жгуты, наблюдавшийся при стендовых испытаниях шины. Названный процесс имел место при нормальных нагрузках, превышающих 20 кН, причем интенсивность скатывания уменьшалась при понижении внутреннего давления воздуха в шине. При давлении 0,147 МПа, когда расчетные и экспериментальные значения K_y совпадают для любых нормальных нагрузок, скатывание практически отсутствует. Очевидно, что в реальных условиях эксплуатации при качении шины с уводом процесс скатывания будет выражен значительно слабее, чем на стенде, поэтому при аналитическом определении параметров управляемости автомобиля с данными шинами для нормальных нагрузок, превышающих 20 кН, следует брать расчетные значения коэффициента сопротивления боковому уводу.

Правильность этой рекомендации проверена сопоставлением расчетных и экспериментальных данных по криволинейному движению автомобиля с рассматриваемыми шинами.

На рис. 2, а, б, в приведены зависимости коэффициента сопротивления качению f от скорости качения v при различных нормальных нагрузках и внутренних давлениях воздуха в шине. Все графики линейны до скоростей 60—65 км/ч, после чего наблюдается резкий рост коэффициента сопротивления качению. Коэффициент f увеличивается с ростом нормальной нагрузки и падением внутреннего давления воздуха в шине, причем наклон линейного участка кривой при фиксированном давлении воздуха в шине не зависит от нормальной нагрузки.

При попытке использовать существующие формулы для зависимости f от R_z , p_w , v было установлено, что ни одна из них не соответствует полученным экспериментальным данным с достаточной степенью точности. Так, расчеты по за-

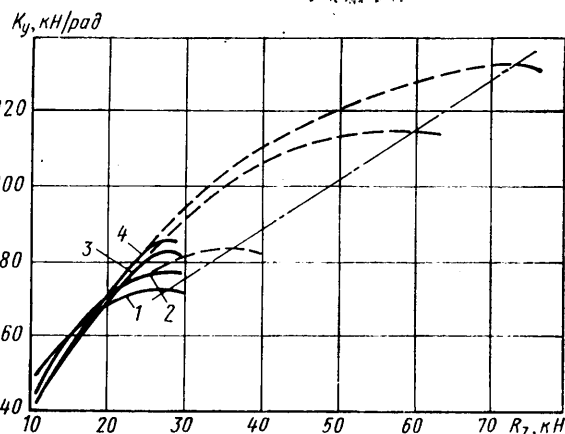


Рис. 1. Зависимость коэффициента сопротивления боковому уводу K_y от нормальной реакции R_z и давления воздуха в шине: 1 — $p_w=0,147$ МПа; 2 — $p_w=0,215$ МПа; 3 — $p_w=0,314$ МПа; 4 — $p_w=0,383$ МПа

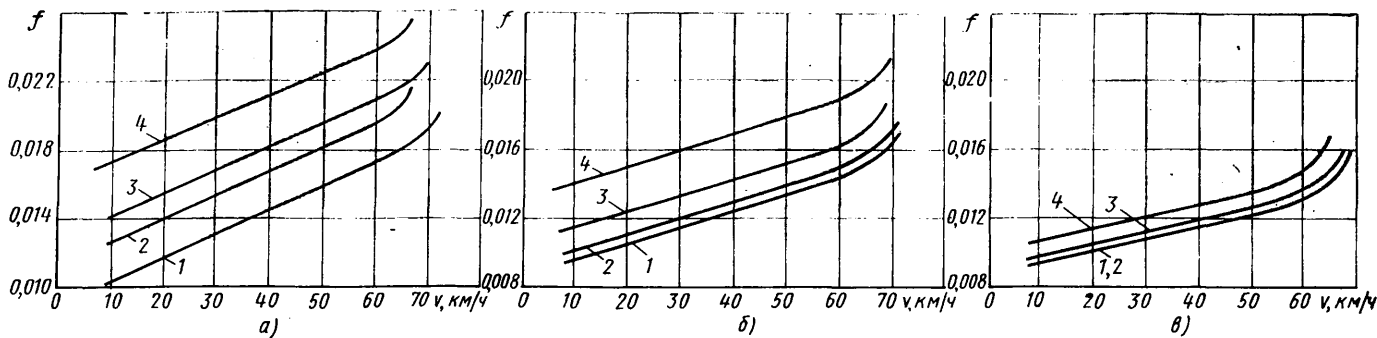


Рис. 2. Зависимость коэффициента сопротивления качению f от скорости качения v при различном давлении воздуха в шине: а — $p_w = 0,215$ МПа; б — $p_w = 0,314$ МПа; в — $p_w = 0,383$ МПа; 1 — $R_z = 15$ кН; 2 — $R_z = 29$ кН; 3 — $R_z = 24$ кН; 4 — $R_z = 30$ кН

висимости, приведенной в работе [4], хорошо совпадают с результатами, полученными экспериментально, лишь при нагрузках, близких к номинальной, и скорости качения, не превышающей 7—10 км/ч. При скорости качения 60 км/ч значения коэффициента f , полученные опытным путем, превышают расчетные на 40—60%. Поэтому была подобрана эмпирическая формула, дающая значения коэффициента сопротивления качению, совпадающие с экспериментальными:

$$f = 0,0087 + K_1 \left(\frac{R_z}{9,81} - 1,5 \right) + K_2 \left(\frac{R_z}{9,81} - 1,5 \right)^2 + K_3 v, \quad (1)$$

где f — коэффициент сопротивления качению;
 R_z — нормальная реакция, кН;
 K_1, K_2, K_3 — эмпирические коэффициенты (см. таблицу);
 v — окружная скорость колеса, км/ч.

p_w , МПа	$K_1 \cdot 10^{-4}$, 1/кН	$K_2 \cdot 10^{-4}$, 1/кН ²	$K_3 \cdot 10^{-4}$, ч/км
0,382	0	3,5	0,68
0,314	9,3	8,9	0,94
0,216	43	2,4	1,08

Формула состоит из четырех слагаемых, причем первые три определяют зависимость f от нормальной нагрузки при скорости качения близкой к нулю. Было установлено, что названную зависимость можно описать полиномом второй степени с коэффициентами K_1 и K_2 , зависящими от внутреннего давления воздуха в шине. Величина свободного члена не зависит от давления воздуха и численно равна коэффициенту f при нормальной нагрузке, равной 15 кН.

Последнее слагаемое формулы (1) определяет связь между f и скоростью качения шины. Как уже отмечалось, зависимость f от v линейна в рассматриваемом диапазоне скоростей, а значение коэффициента пропорциональности K_3 зависит от внутреннего давления воздуха в шине. Формула справедлива для нормальных нагрузок от 15 до 30 кН и для скоростей качения от 0 до 60 км/ч.

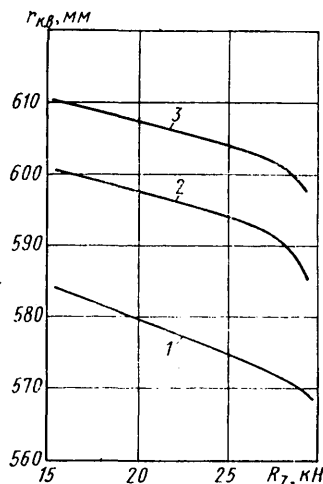


Рис. 3. Зависимость радиуса качения в ведомом режиме $r_{к.в}$ от нормальной реакции R_z :
 1 — $p_w = 0,147$ МПа; 2 — $p_w = 0,215$ МПа; 3 — $p_w = 0,314$ МПа

На рис. 3 приведены зависимости радиусов качения в ведомом режиме $r_{к.в}$ от радиальной нагрузки R_z при различных внутренних давлениях воздуха в шине. Радиус качения уменьшается с ростом нормальной нагрузки и падения внутреннего давления воздуха в шине, причем зависимость

$r_{к.в} = f(R_z)$ практически линейна до нагрузок, равных ~26 кН. После этого величина радиуса качения начинает резко падать. Зависимость радиуса качения от нагрузки и давления в рабочем диапазоне их изменения хорошо описывается формулой:

$$r_{к.в} = 1,0075 r_{ст.ном} \left[1 - 0,17 \left(1 - \frac{p_w}{p_{w,ном}} \right)^{2,088} \right] + \left[0,663 + 2,548 \left(1 - \frac{p_w}{p_{w,ном}} \right)^{3,36} \right] (R_{z,ном} - R_z), \quad (2)$$

где $r_{к.в}$ — радиус качения в ведомом режиме в мм;
 $r_{ст.ном} = 600$ мм — средний статистический радиус при номинальном давлении и нагрузке;
 p_w — давление воздуха в шине в МПа;
 $p_{w,ном} = 0,314$ МПа — номинальное давление воздуха в шине;
 R_z — нормальная реакция в кН;
 $R_{z,ном} = 24,53$ кН — номинальная нормальная реакция.

Формула (2) была предложена в связи с тем, что имеющиеся в литературе, например в работе [5], эмпирические зависимости $r_{к.в} = f(R_z, p_w)$ дают значительное расхождение с полученными экспериментальными данными. Это можно объяснить рядом причин, в частности, различием в методах определения $r_{к.в}$, большим отличием значений геометрических параметров исследуемых шин.

Первый член формулы (2) дает зависимость между $r_{к.в}$ и давлением воздуха в шине при номинальной нормальной нагрузке. Данная зависимость имеет вид сложной степенной функции с показателем степени, равным ~2. Второй член позволяет учитывать изменение радиуса качения в ведомом режиме при нормальной нагрузке, отличающейся от номинальной. Зависимость $r_{к.в}$ от нормальной нагрузки линейна в указанных пределах, а коэффициент пропорциональности между $r_{к.в}$ и R_z , равный сомножителю при $(R_z - R_{z,ном})$, связан с внутренним давлением воздуха в шине степенной функцией.

Совпадение экспериментальных данных и полученных по формуле (2) наблюдается для нормальных нагрузок от 15 до 26 кН и давления воздуха в шине от 0,147 до 0,314 МПа.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Кнороз В. И., Юрьев Ю. М., Межевич Ф. Е. Универсальный барабанный стенд для испытания шин. Труды НАМИ. Вып. 79, 1965, с. 74—81.
- Литвинов А. С. Управляемость и устойчивость автомобиля. М.: Машиностроение, 1971. 52 с.
- Антонов Д. А. Теория устойчивости движения многоосных автомобилей. М.: Машиностроение, 1978. 30 с.
- Кнороз В. И., Кленников Е. В. Шины и колеса. М.: Машиностроение, 1975, 127 с.
- Исследование кинематических параметров колесных движителей / В. А. Бошняк, С. Г. Макаров, П. П. Пугин и др. — Автомобильная промышленность, 1969, № 5, с. 11—15.

Определение достоверности диагностирования автомобилей при помощи контрольно-измерительных приборов

Канд. физ.-мат. наук С. Ф. ЦВИД, канд. техн. наук А. М. ХАРАЗОВ
НАМИ

ТЕХНИЧЕСКОЕ состояние элементов (деталей, соединений деталей, узлов) автомобилей [1], как и других машин, определяют путем сравнения измеренных значений диагностических параметров с их допускаемыми, или предельными значениями (ГОСТ 21571—76). При этом точность постановки диагноза определяется не только эксплуатационными, конструктивными и технологическими факторами, но и метрологическими характеристиками применяемых средств диагностирования, так как даже высокоточные современные диагностические средства не всегда позволяют найти истинные значения параметров. Поэтому приходится говорить о вероятности правильности постановки диагноза, т. е. о достоверности диагностирования элемента автомобиля.

Численно достоверность диагностирования D параметра технического состояния определяется, как известно, по формуле $D=1-(p_1+p_2)$, где p_1 — вероятность появления ошибки первого рода (исправная машина признана неисправной), а p_2 — вероятность появления ошибки второго рода (неисправная машина признана исправной). Следовательно, чтобы определить достоверность диагностирования, нужно знать сумму (p_1+p_2) . Ее можно найти, если предположить, что ошибки измерения диагностическим средством распределяются по нормальному закону, а также известны: точность измерительного средства и диапазон его шкалы измерений, допускаемое или предельное значение рассматриваемого параметра технического состояния элемента автомобиля и кроме того, специалист располагает статистическими данными текущих значений рассматриваемого параметра технического состояния автомобилей, проходящих диагностирование по этому параметру. В этом случае

$$D = 1 - 0,314 \frac{m_1}{n} - 0,083 \frac{m_2}{n} - 0,007 \frac{m_3}{n}$$

Здесь m_i — число автомобилей, значение параметра которых попало в интервал, отстоящий от допускаемого значения на расстоянии от $i\sigma$ до $(i-1)\sigma$, σ — среднеквадратичная погрешность измерения (ГОСТ 13600—68); n — общее число статистических данных текущих значений рассматриваемого параметра технического состояния автомобилей.

Приведенная формула дает возможность определить достоверность диагностирования автомобиля по отдельному параметру. Если же техническое состояние узла автомобиля зависит от нескольких независимых между собой параметров, то общая достоверность диагностирования рассматриваемого узла равна произведению достоверностей из этих параметров. Приведем пример практического использования рассмотренного метода.

Допустим, что нужно определить достоверность измерения прибором для диагностирования системы электрооборудования и двигателей легковых автомобилей СВД-1 [2] данного параметра — угла замкнутого состояния контактов прерывателя автомобилей ГАЗ-24 «Волга» (цена деления шкалы прибора 2°; погрешность измерения угла замкнутого со-

стояния контактов распределителя-прерывателя $\delta=2,5\%$; диапазон его шкалы измерений 0—90°).

Угол замкнутого состояния контактов прерывателя имеет двустороннее ограничение: нижний предел 36° и верхний предел 40°. Диагностирование 100 автомобилей ГАЗ-24 в 13-м таксомоторном парке г. Москвы показало, что угол, равный 34°, оказался у двух автомобилей, угол 36° — у трех, угол 38° — у 51, угол 40° — у девяти, угол 42° — у пяти. У всех других автомобилей отклонения параметров от их номинального значения были значительно большими.

Среднеквадратическая погрешность измерения прибором СВД-1 равна 0,75°. К первому множеству относятся углы в 36 и 40°. Отсюда $m_1=3+9=12$. Автомобилей из рассматриваемой совокупности с углами, относящимися ко второму множеству, нет ($m_2=0$). К третьему множеству относятся углы 34° ($36^\circ - 3 \cdot \sigma = 36^\circ - 3 \cdot 0,75^\circ = 33,75^\circ < 34^\circ < 34,50^\circ = 36^\circ - 2 \cdot \sigma$), 38° и 42°. Отсюда $m_3=2+51+5=58$. Тогда $m_1/n=12/100=0,12$; $m_2/n=0$ и $m_3/n=58/100=0,58$, и достоверность диагностирования у автомобилей ГАЗ-24 угла замкнутого состояния контактов распределителя-прерывателя прибором СВД-1 равна $D=1-0,314 \cdot 0,12-0,83 \cdot 0-0,007 \cdot 0,58 \approx 0,96$.

Результаты определения достоверности диагностирования других параметров автомобиля ГАЗ-24 приведены в таблице.

Наименование параметра технического состояния	Наименование диагностического средства	Достоверность диагностирования
Угол: замкнутого состояния контактов прерывателя опережения зажигания	СВД-1	0,96
Напряжение аккумуляторной батареи под нагрузкой	СВД-1 СВД-1	0,98 0,98
Компрессия в цилиндрах двигателя	Компрессометр модели 179	0,96
Концентрация окиси углерода в отработавших газах	Газоанализатор ГАИ-1	0,94
Суммарная тормозная сила на колесах автомобиля	Тормозной стенд К-208	0,99

В заключение отметим, что специалисты НАМИ сейчас просчитывают достоверности диагностирования ряда параметров технического состояния многих других автомобилей. Эта информация, безусловно, поможет эксплуатационникам повысить качество обслуживания автомобильной техники, так как покажет возможности диагностической аппаратуры.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Михлин В. М. Указания по определению остаточного ресурса элемента машин. М.: Колос, 1974. 216 с.
2. Междумян А. Р., Харазов А. М. Прибор для диагностирования двигателей и системы электрооборудования автомобилей. — В сб.: Конструкции автомобилей. М.: НИИНавтопром, 1979, № 8, с. 50—57.

УДК 629.113.073.243.4.001.5

Определение амплитудно-частотных характеристик автомобиля по экспериментальным данным

Канд. техн. наук М. М. ГАЙЦГОРИ, канд. техн. наук В. А. ГАЛАШИН, Л. Ф. ЖЕГЛОВ
ВНИИстройдормаш, МВТУ им. Н. Э. Баумана

В ПЯСТОЯЩЕЕ время плавность хода автомобилей оценивается по среднеквадратичным значениям вертикальных ускорений в октавных полосах частот, расчетные и экспериментальные способы получения которых основываются на известных соотношениях [1 и 2], знании спектральных характеристик дорог, в том числе характеристик микропрофиля специальных дорог, предназначенных для проведения испытаний на

плавность хода автомобилей, а также амплитудно-частотных характеристик (АЧХ) отдельных точек исследуемой модели.

Спектральные характеристики достаточно подробно исследованы в работах [3 и 1], АЧХ могут быть получены путем прямого эксперимента на одноосных вибрационных и барабанных стендах [4 и 1]. Однако, когда оценивают вибронгруженность двухосного автомобиля с $e \neq 1$ и тем более многоос-

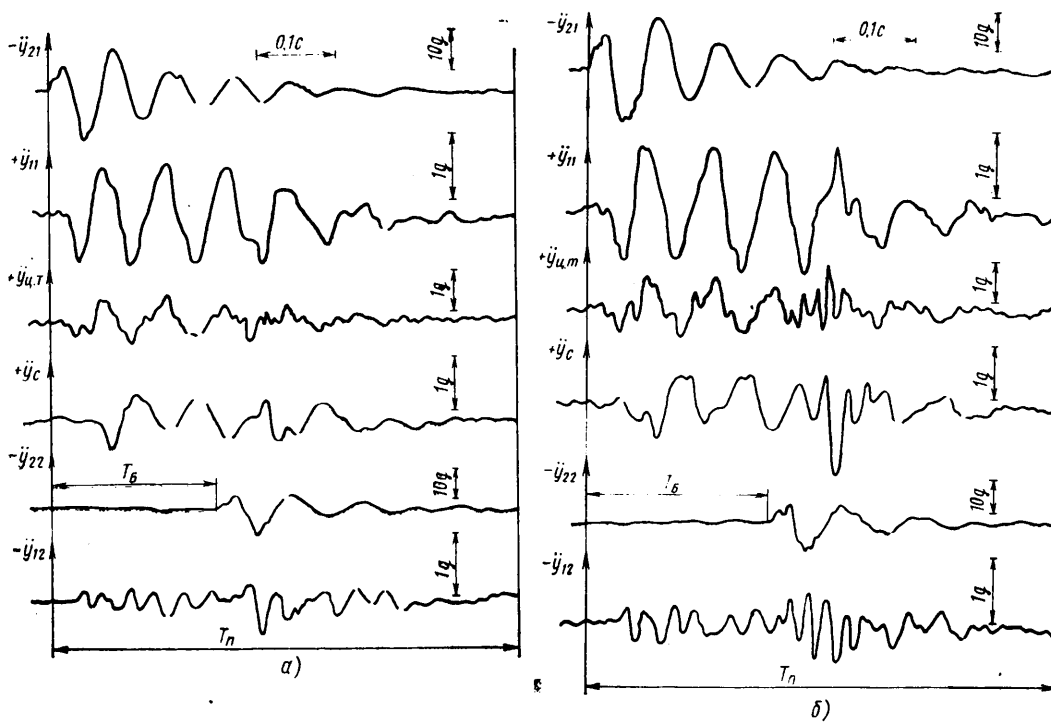


Рис. 1. Переходные процессы при $v_a = 40$ км/ч:
а — неровность 15×300 ; б — неровность 30×150

где $y_i(t)$ — отклик i -й точки на единичное воздействие;

$z(t)$ — форма возмущающего воздействия.

Предполагается, что динамическая система автомобиля неизвестна, а полученный переходный процесс от переезда препятствия единственным образом и полностью характеризует ее свойства.

В качестве объекта исследования был выбран легковой малолитражный автомобиль, параметры которого определяли экспериментальным путем. За переменную величину, представляющую переходный процесс, принимали вертикальное ускорение точек автомобиля. Запись переходных процессов точек поддресоренной массы осуществлялась при

помощи виброизмерительной аппаратуры ВИБ-6ТН (динамический диапазон до $\pm 6g$), точек неподдресоренных масс — ВИБ-5МА (динамический диапазон ± 20 — $25g$) и осциллографа К12.

Ускорения измеряли на левом переднем колесе с внутренней стороны (y_{21}); над передним колесом в кузове (y_{11}); на переднем сиденье (y_c); в центре тяжести полностью загруженного автомобиля ($y_{ц.т}$); над задним левым колесом в кузове (y_{12}); на балке заднего моста, у места крепления рессоры (y_{22}).

Эксперимент проводили на ровном участке дороги с покрытием хорошего качества и единичными неровностями прямоугольной формы, $h \times b = 15 \times 300$ и 30×150 мм (h — высота, b — ширина), при скоростях 20, 40 и 60 км/ч. Автомобиль за пределами участка разогнался до постоянной скорости, после чего включался регистрирующий прибор.

Полученные переходные процессы (рис. 1а, б) можно разделить по времени на две зоны: зону прохождения колесами (передними или задними) самого препятствия и зону свободных затухающих колебаний после переезда неровности.

Полученные переходные процессы (рис. 1а, б) можно разделить по времени на две зоны: зону прохождения колесами (передними или задними) самого препятствия и зону свободных затухающих колебаний после переезда неровности.

$$K(\omega) = \frac{\int_0^{\infty} y_i(t) e^{-i\omega t} dt}{\int_0^{\infty} z(t) e^{-i\omega t} dt}, \quad (1)$$

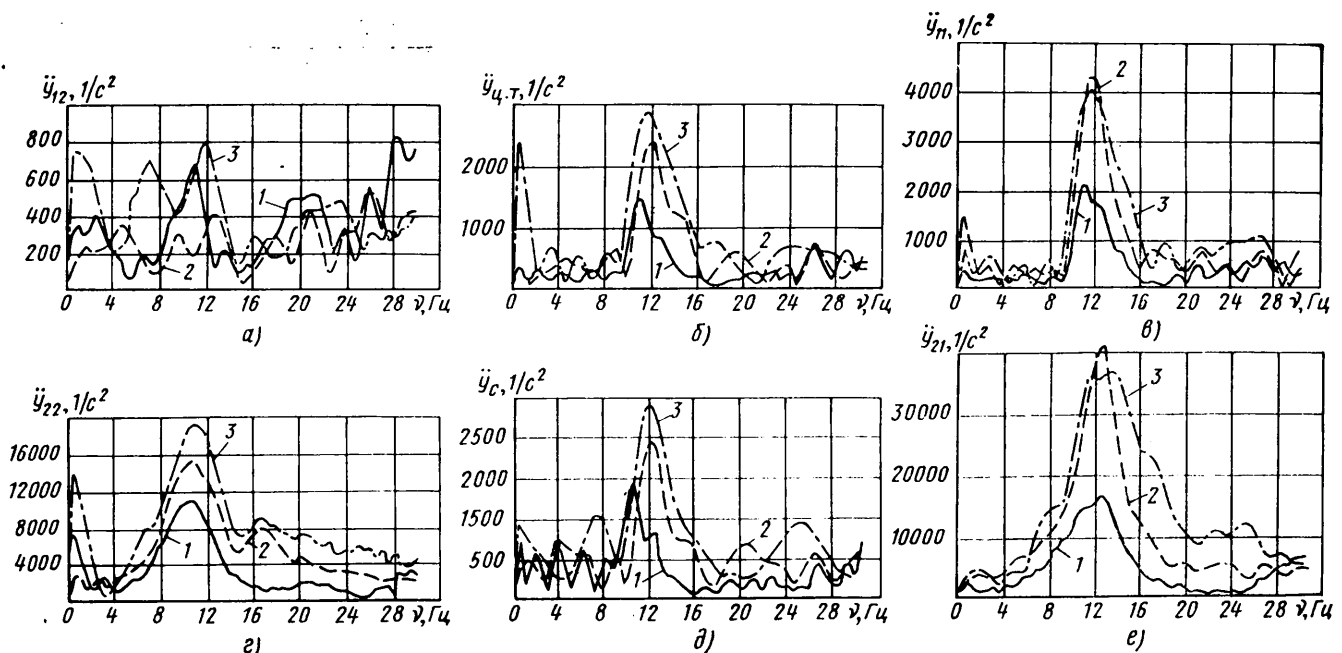


Рис. 2. Амплитудно-частотные характеристики (а—е) при переезде неровности 30×150 :

1 — $v_a = 20$ км/ч; 2 — $v_a = 40$ км/ч; 3 — $v_a = 60$ км/ч

Важным параметром первой зоны является ее длительность t , которая влияет на точность определения АЧХ и состоит из времени действия препятствия и времени движения колеса с отрывом от поверхности за препятствием.

Как видно из рис. 1а, б, в момент наезда на препятствие реакция возникает только на передних колесах. В других исследуемых точках автомобиля отклик на возмущение появляется с некоторым запаздыванием по отношению к y_{21} . При смене знака ускорения на переднем колесе величина этого ускорения достигает 13,7 g. Ускорения y_{11} , $y_{ц.т.}$, y_{12} в этот момент будут равны соответственно 0,8 g, 0,63 g и 0,28 g. Затем интенсивность колебаний постепенно уменьшается и колебания затухают. Через время $T_6=0,216$ с, за которое автомобиль проходит расстояние, равное базе, неровность воздействует на задние колеса, которые приобретают ускорения $y_{22}=9,5$ g, что в следующие моменты времени ведет к изменению характера ускорений всех точек.

При переезде неровностей задними колесами в колебаниях центра тяжести, сиденья, поддрессоренной массы автомобиля наблюдаются высокочастотные составляющие 26 и 47 Гц. Их источником, очевидно, является поддрессоренная масса задней подвески и обладающий конечной жесткостью кузов. Характерно, что время переходного процесса ($T_n=0,58$ с, период колебаний 0,07—0,077 с для переднего колеса и 0,092—0,096 с для заднего моста) при переезде автомобилем различных препятствий на постоянной скорости движения остается неизменным.

Аналогичные переходные процессы были получены и для скоростей 20 и 60 км/ч, но T_n в этих случаях составляло соответственно 0,8 и 0,54 с.

Отметим второе важное обстоятельство: во время переходного процесса не было выхода на ограничители подвески.

Как видно из сказанного, в исследуемой системе нелинейных

колебаний не наблюдалось. Однако известно, что к нелинейным колебаниям исследуемую систему поддрессоривания, в основном, могут привести элементы подвески, рассеивающие энергию, т. е. амортизаторы и сухое трение в других ее элементах. Оценить, когда это случится, можно по величине суммарного коэффициента демпфирования K . Для этого рассмотрим кривые переходных процессов для y_{21} и y_{22} . Представляя свободные колебания неподдрессоренных масс в виде эквивалентной одномассовой системы, по размахам, взятым через период для различных v_a , можно определить коэффициенты демпфирования колеса ($K_k=0,47 \div 1,34$) и моста ($K_m=0,85 \div 1,2$). Но так как коэффициенты K_k и K_m , по условию, для конкретного возмущения и конкретной v_a постоянны, то, учитывая кратковременность входного импульса ($T_n/t \geq 10$), динамическую систему

Препятствие 15×300					Препятствие 30×150				
v_a' , км/ч	v_{01} , Гц	v_{02} , Гц	$A_{01 \max}'$, 1/с ²	$A_{02 \max}'$, 1/с ²	v_a' , км/ч	v_{01} , Гц	v_{02} , Гц	$A_{01 \max}'$, 1/с ²	$A_{02 \max}'$, 1/с ²
Ускорение переднего колеса \ddot{y}_{21}									
20	0,5—1,0	11,0—14,0	2195	11463	20	0,5—1,5	11,5—13,0	2317	16341
40	0,5—1,0	12,0—13,5	6585	38049	40	1,5—2,5	12,0—13,5	3657	41220
60	0,5—1,0	12,0—15,0	5488	31585	60	1,5—2,5	13,0—14,5	4024	37195
Ускорение элементов кузова, расположенных над передним колесом \ddot{y}_{11}									
20	0,5—1,0	11,0—12,0	388	2179	20	0,5—1,0	10,5—12,5	367	2149
40	0,5—1,0	11,5—12,5	761	3761	40	0,5—1,0	11,0—12,5	1612	4364
60	0,5—1,0	11,0—12,0	1507	2955	60	0,5—1,0	11,0—12,5	806	4119
Ускорение сиденья \ddot{y}_c									
20	0,5—1,0	11,5—12,5	2709	1291	20	0,5—1,5	10,0—13,0	782	1436
40	0,5—1,0	11,0—12,5	373	1882	40	1,0—2,0	11,5—13,0	455	1936
60	0,5—1,0	11,5—13,0	840	1591	60	0,5—1,5	11,5—13,0	915	2369
Ускорение в центре тяжести автомобиля $\ddot{y}_{ц.т.}$									
20	0,5—1,5	11,0—12,5	64,5	1419	20	0,5—1,5	10,5—12,5	480	1441
40	0,5—1,0	12,0—13,5	347	2081	40	0,5—1,5	11,0—13,0	295	2351
60	0,5—1,0	11,5—13,0	1597	1952	60	0,5—1,0	11,0—13,0	2499	2879
Ускорение элементов кузова, расположенных над задним колесом \ddot{y}_{12}									
20	0,5—1,5	7,0—10,0	96	176	20	0,5—1,5	9,5—12,5	356	656
40	0,5—1,5	8,5—11,5	142	202	40	1,0—2,0	9,0—13,0	248	400
60	1,0—2,0	8,5—11,5	648	410	60	0,5—1,5	10,5—13,0	756	780
Ускорение моста \ddot{y}_{22}									
20	0,5—1,0	9,5—11,5	2082	9534	20	0,5—1,0	9,5—12,0	7280	11040
40	1,0—2,0	9,5—12,5	2411	13808	40	0,5—1,5	9,5—12,0	2800	15200
60	0,5—1,5	9,0—11,5	7562	13973	60	0,5—1,0	9,5—12,5	14000	18880

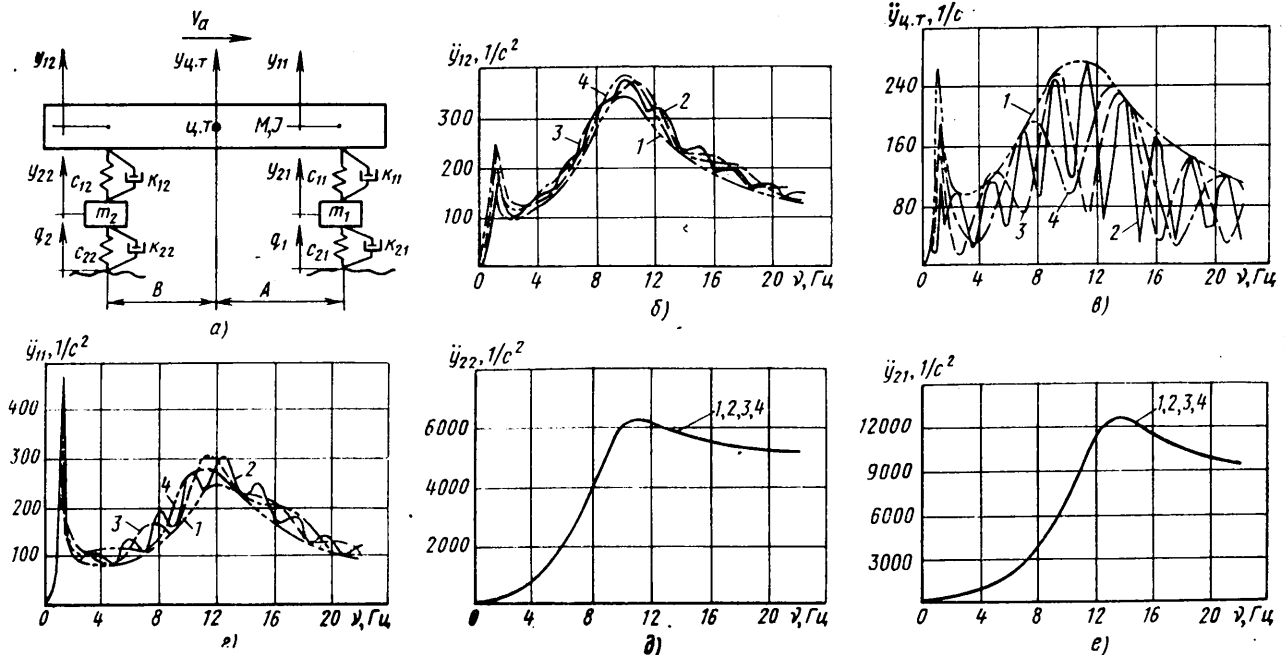


Рис. 3. Динамическая модель системы поддрессоривания (а) и расчетные амплитудно-частотные характеристики (б—е):

1 — $v_a = 0$; 2 — $v_a = 20$ км/ч; 3 — $v_a = 40$ км/ч; 4 — $v_a = 60$ км/ч

подрессоривания в первом приближении можно исследовать как линейную, т. е. в соответствии с формулой (1).

Полученная графическая информация с $\Delta t = 0,002$ с (что соответствует относительной погрешности $\Delta \theta = 0,01^\circ$ и $v \approx 40$ Гц [6]) была преведена в машинный носитель на дешифраторе каротажных диаграмм Ф-001. За ширину спектра воздействия препятствия прямоугольной формы принимали полосу частот между $v=0$ и v_{\max} , при которой спектр первый раз обращается в нуль (в рассматриваемом случае $v_{\max} = 20 \div 110$ Гц).

В соответствии с формулой (1) были вычислены АЧХ вертикальных ускорений точек по их реакции на единичную прямоугольную неровность¹.

На рис. 2 в качестве примера приведены АЧХ, полученные на основании экспериментальных данных от переезда автомобилем неровности 30×150 , а в таблице — значения резонансных частот и максимальных ускорений, определенных из этих АЧХ.

Сравним результаты расчетов, выполненных в соответствии с предлагаемой методикой и обычно применяемой методикой расчета наиболее распространенной линейной системы [7], эквивалентной подрессориванию (рис. 3).

На рис. 3 представлены АЧХ вертикальных ускорений в точках подрессоренной массы над передним и задним колесами, в центре тяжести и неподрессоренных масс, вычисленные для скоростей движения автомобиля 20, 40, 60 км/ч. Вследствие того, что $\epsilon = 0,82$, колебания точек подрессоренных частей взаимосвязаны. Увеличение скорости движения приводит к увеличению амплитуд y_{11} , y_{12} . Исключение составляет АЧХ центра тяжести, где на виде характеристики особенно заметно сказывается скорость движения.

Сопоставление экспериментальных и расчетных амплитудно-частотных характеристик свидетельствует о том, что по резонансным частотам они совпадают, но отличаются по амплитудам ускорений. Это несоответствие следует отнести к усло-

¹ Программа для вычисления АЧХ на ЭЦВМ разработана сотрудником отдела вычислительной техники ВНИИстройдормаш Ю. М. Гольдиным.

ности исходной линейной модели. Точность АЧХ (см. рис. 2) зависит, главным образом, от T_n и величины фоновой составляющей при безотрывном качении колеса, которое определяется выбором параметров препятствия и скорости движения для данного типоразмера шин. Ошибки АЧХ могут быть уменьшены путем увеличения числа ударных воздействий на систему.

Отметим, что более простые колебательные системы, возможность аппроксимации которых моделью очевидна, например, бесподвесочных машин (погрузчик ТО-18), дают не столь значительные расхождения АЧХ.

Рассмотренная методика дает возможность сравнивать, во-первых, варианты проектируемых автомобильных подвесок, во-вторых, варианты уже выполненных подвесок, следовательно, и выбирать лучшие из сравниваемых вариантов, причем быть уверенным в том, что выбор этот базируется на достаточно достоверной основе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Яценко Н. Н., Прутчиков О. К. Плавность хода грузовых автомобилей. М.: Машиностроение, 1969. 220 с.
2. Харкевич А. А. Спектры и анализ. М.: Госиздат, ФИЛ, 1962. 236 с.
3. Пархиловский И. Г. Исследование вероятностных характеристик поверхностей распространенных типов дорог. — Автомобильная промышленность, 1968, № 8, с. 18—22.
4. Оценка стабильности контакта колес с дорогой на стенде. / Я. М. Певзнер, А. Д. Конев, Г. Г. Гридасов, В. П. Рост. — Автомобильная промышленность, 1975, № 5, с. 29—39.
5. Атабеков Г. И. Гармонический анализ и операторный метод. М.: Оборонгиз, 1956. 146 с.
6. Инженерные методы исследования ударных процессов / Г. С. Батуев, Ю. В. Голубков, А. К. Ефремов, А. А. Федосов. М.: Машиностроение, 1977. 240 с.
7. Ротенберг Р. В. Подвеска автомобиля. М.: Машиностроение, 1972. 392 с.

УДК 621.43.044.7.001.57

Моделирование динамики разряда стартерных батарей при пуске ДВС

Кандидаты техн. наук А. М. РЕЗНИК, А. А. БАЛАНЕВСКИЙ

НИИАТ

ПРИ ИССЛЕДОВАНИИ работоспособности электропусковых систем при различных температурах пуска и моментах сопротивления двигателя основная сложность вызвана большой трудоемкостью и длительностью подготовки к испытаниям стартерных батарей, а также большим разбросом их характеристик. Чтобы уменьшить трудоемкость и повысить точность результатов исследований электропусковых систем, целесообразно вместо стартерной батареи использовать ее имитатор. Но для этого необходимо иметь модель, описывающую работу стартерной батареи при пуске двигателя.

Режим разряда батареи характеризуется рядом специфических особенностей. Согласно отраслевой нормали ОН 025-273-65, продолжительность одной попытки пуска не должна превышать 15 с, а паузы между попытками — 60 с. Таким образом, при пуске двигателя батарея работает в прерывистом режиме. За время одной попытки пуска разрядный ток не остается постоянным и изменяется от 0 до $2-5 C_{20}$ А. При этом изменение тока носит сложный характер: в момент включения он резко возрастает, а затем колеблется с амплитудой до $1 C_{20}$ А.

Моделирование прерывистого разряда батарей постоянным током на примере конкретной батареи представлено в работе А. М. Резника и др.¹, однако в ней не учитывается влияние температуры и степени заряженности на характеристики батареи, а также нет методики быстрого перехода с одного типа батареи на другой.

Чтобы разработать модель, учитывающую эти факторы, необходимо знать удельные параметры, характеризующие режим разряда. (Под удельными параметрами подразумевают

ся параметры, отнесенные к единице площади положительного электрода). Рассмотрим возможность определения этих параметров.

Мгновенное напряжение в прерывистом режиме разряда есть разность между равновесной ЭДС E и суммой ЭДС поляризации e_n и падения напряжения на омическом сопротивлении батареи u_o . Следовательно, зная как изменяется каждая из этих составляющих, можно судить о влиянии каждой из них на режим разряда, т. е. смоделировать динамику разряда.

Равновесная ЭДС уменьшается пропорционально отдаваемой емкости и зависит от начальной ЭДС E_n , конструктивных особенностей батареи, характеризующихся коэффициентом K_p , числа аккумуляторов в ней m , плотности разрядного тока i_a и времени разряда.

ЭДС поляризации растет при разряде и уменьшается в период паузы, но не до нуля, поэтому с увеличением числа попыток остаточное ее значение в конце пауз растет.

ЭДС поляризации в периоды пауз можно представить в виде двух составляющих e_{n1} и e_{n2} , каждая из которых изменяется по экспоненциальному закону, но первая за время паузы успевает уменьшиться до нуля, а вторая не успевает и является той частью ЭДС поляризации, которая остается к началу следующей попытки пуска двигателя.

Падение напряжения на омическом сопротивлении батареи определяется произведением величины этого сопротивления r_o на ток разряда.

Основываясь на таких рассуждениях, можно составить схему замещения батарей (рис. 1), работающей в прерывистом режиме разряда. В предлагаемой схеме первый контур $r_{n1}C_1$ моделирует изменение первой составляющей ЭДС поляризации, а второй контур $r_{n2}C_2$ — второй составляющей.

¹ Резник А. М., Баланевский А. А., Тютрюмов О. С. Математическое моделирование прерывистого разряда стартерной аккумуляторной батареи на АВМ. В сб.: Труды НИИАТстройдормаш. М., 1974, вып. 34, с. 6—9.

Таким образом, для описания прерывистого разряда необходимо определить параметры K_p , r_0 , r_{n1} , r_{n2} , C_1 , C_2 .

Это делали в ходе испытаний различных типов батарей по методике, изложенной в работе А. М. Резника и др. При этом температура электролита изменялась от 303 до 243 К (от +30 до -30°C), плотность разрядного тока от 0,003 до 0,27 А/см², степень разряженности — от 0 до 50%.

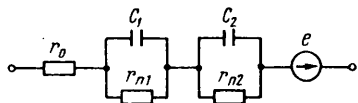


Рис. 1.

Исследования показали, что произведение коэффициента K_p , определяющего изменения равновесной ЭДС в процессе разряда, на номинальную емкость батарей есть величина постоянная, равная 0,44, а омическое сопротивление батареи при ее разряде до 50% практически не изменяется. Кроме того,

Систему уравнений, описывающую прерывистый starterный разряд и выраженную через удельные параметры, можно представить в следующем виде:

$$\begin{cases} u = e - m r'_0 i_s - u_{C1} - u_{C2}, \\ \frac{d e}{d t} = -m K_p i_s; \quad E_H = E_0, \\ \frac{d u_{C1}}{d t} = \frac{m}{C_1} \left(i_s - \frac{u_{C1}}{m r'_{n1}} \right), \\ \frac{d u_{C2}}{d t} = \frac{m}{995} (r'_{n2} i_s - u_{C2}), \\ \frac{d u_{C2}}{d t} = \frac{u_{C2}}{\tau_B}. \end{cases} \quad (1)$$

$$\frac{d u_{C2}}{d t} = \frac{u_{C2}}{\tau_B}. \quad (2)$$

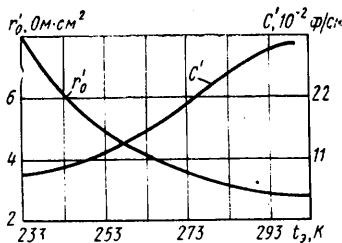


Рис. 2.

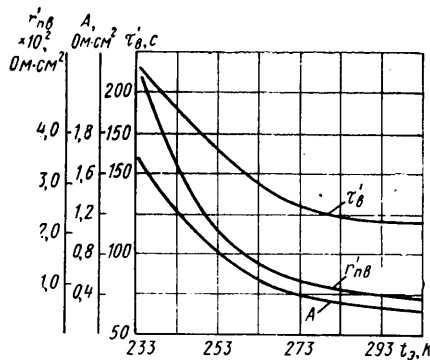


Рис. 4.

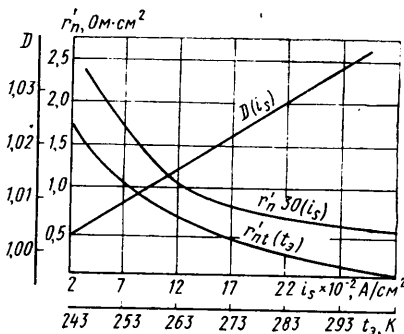


Рис. 3.

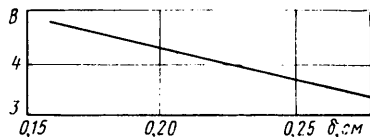


Рис. 5.

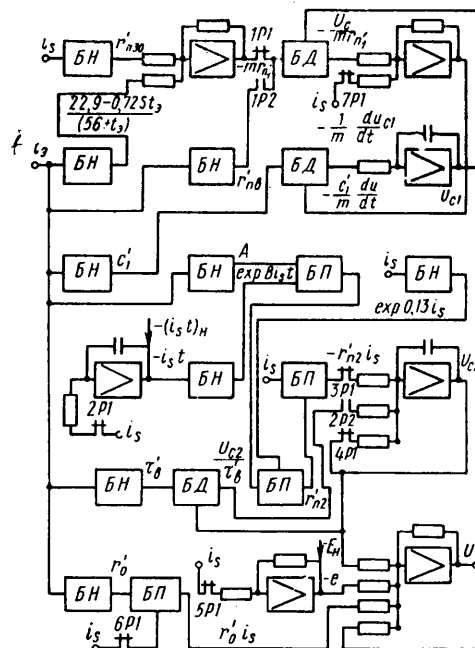


Рис. 6.

удельное омическое сопротивление одного аккумулятора r_0 не зависит от типа батареи, а зависит только от температуры электролита t_3 . Удельный параметр C_1 первого контура также зависит только от температуры электролита. Зависимости $r'_0(t_3)$ и $C'_1(t_3)$ приведены на рис. 2.

Удельный параметр r_{n1} первого контура зависит от плотности разрядного тока i_s и температуры электролита t_3 . Он определяется как сумма r'_{nt} и r'_{n30} , где r'_{n30} — удельное сопротивление поляризации при температуре электролита 303 К (30°C). Зависимости $r'_{nt}(t_3)$ и $r'_{n30}(i_s)$ приведены на рис. 3.

Во время пауз величина составляющей r'_{n1} значительно возрастает и зависит только от температуры электролита, поэтому на время пауз эта величина обозначается r'_{nB} . Зависимость $r'_{nB}(t_3)$ представлена на рис. 4.

Удельный параметр r'_{n2} представляется произведением трех составляющих: A , зависимость которой от температуры представлена на рис. 4; D , зависимость которой от плотности тока представлена на рис. 3, и C , представляющей собой экспоненту, показатель степени которой равен произведению величины B , зависящей от толщины положительного электрода δ (рис. 5), на величину отданной в starterном разряде емкости.

Влияние степени разряженности ΔC_p на характеристику прерывистого разряда учитывается начальным значением отданной емкости.

Во время пауз затухание составляющей r'_{n2} определяется постоянной времени τ_B , изменение которой приведено на рис. 4.

Здесь уравнение (1) характеризует разряд, а уравнение (2) — паузу.

Схема моделирования батареи, составленная согласно системе уравнений и учитывающая изменение параметров от указанных факторов, представлена на рис. 6. Переход от разряда к паузе осуществляется размыканием контактов $P1$ и замыканием контактов $P2$.

Модель прерывистого разряда проверяли на соответствие натуре в динамических режимах. При этом прерывистый режим также не поддерживался постоянным. Время разряда менялось в пределах от 5 до 20 с, время паузы — от 30 до 100 с. Сравнение осциллограмм напряжения натуре и модели показало расхождение не более 2% в период разряда и не более 5% в период пауз.

Разработанную математическую модель можно использовать при создании имитатора аккумуляторной батареи, а также при решении задачи моделирования процесса пуска ДВС. Ее преимуществом является возможность описания разрядных характеристик всех существующих starterных батарей с учетом температуры электролита и степени их разряженности.

Разработанная модель описывает динамические режимы, свойственные условиям работы батарей в реальных электропусковых системах, что позволяет еще на стадии проектирования электропусковых систем определить параметры starterной батареи и проанализировать работоспособность пусковой системы в различных условиях эксплуатации. При этом исключаются длительные и трудоемкие испытания, обычно проводимые при выборе аккумуляторной батареи для электропусковых систем.

Тенденция развития автомобильных антенн

В. В. ПЕТРОВ

НИИавтоприборов

СОВРЕМЕННЫЕ автомобильные радиоантенны можно разделить на две группы: пассивные и активные. Среди конструкций антенн первой группы наиболее широко применяются антенны штыревые, телескопического типа. Они просты по конструкции и монтажу, имеют низкую стоимость, компактны. Примером таких антенн может служить антенна АР-108, выпускаемая Ленинградским заводом «Автоарматура». Однако штыревая телескопическая антенна обладает рядом существенных недостатков: чтобы обеспечить приемлемую величину выходного сигнала, делать ее нужно длинной, так как величина напряжения радиосигнала, наводимого в антенне, прямо пропорциональна величине емкости выдвинутого штыря антенны.

Но чем длиннее антенна, тем сильнее воздействует на нее встречный поток воздуха (величина воздействующей силы пропорциональна скорости автомобиля в третьей степени). В результате, нагрузки, испытываемые штырем антенны и кузовом автомобиля в месте ее закрепления, становятся значительными. И, как показали проведенные в НИИавтоприборов и за рубежом исследования, оптимальная длина штыря автомобильной антенны телескопического типа, предназначенной для приема как АМ, так и ЧМ сигналов, по этой причине не должна превышать 1 м.

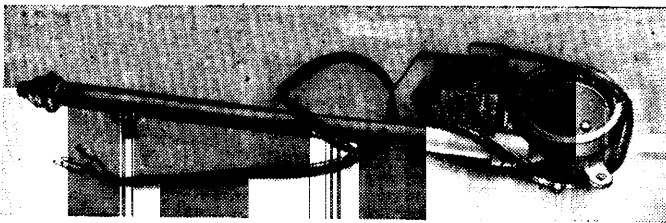


Рис. 1

Кроме того, из-за сильных механических воздействий штыри антенны, особенно в местах сочленений, быстро изнашиваются, что снижает надежность радиоприема (из-за увеличения переходного сопротивления между штырями) и служит причиной характерных радиопомех в виде треска на выходе приемника.

Третий недостаток телескопической антенны — необходимость ее ручного выдвижения снаружи автомобиля. Правда, для его устранения предлагаются — и выполняются — различные варианты антенн с электроприводом для выдвижения и складывания штырей, например, антенна АР-104Б (рис. 1) или антенны с электромагнитным выталкиванием штырей [1]. Однако такое решение удорожает антенну и снижает ее надежность (из-за усложнения конструкции).

И, наконец, штыревые антенны соединяются с приемником высокочастотным кабелем, длина которого зависит от места установки антенны на автомобиле (переднее крыло, заднее крыло, крыша и т. д.). Следовательно, зависит от этого и емкость антенны относительно массы автомобиля.

Предпринимались попытки использовать в качестве антенн различные элементы конструкции автомобиля, для этой цели изолированные от его «массы» (бампер, приборная панель, обогреватель заднего стекла и т. д.). Однако эффективность этих антенн оказалась еще ниже, чем штыревых. Кроме того, все они обладают выраженными направленными свойствами, что в свою очередь, приводило к неодинаковому уровню входного сигнала радиоприемника при движении автомобиля в различных направлениях. Широкое распространение в последнее время получила автомобильная антенна на ветровом стекле автомобиля в виде провода, наклеенного на стекло, или нанесенного на стекло токопроводящего слоя, а также провода, вплавленного между слоями многослойного стекла при его изготовлении. Форму антенны во всех этих вариантах выбирают такой, которая обеспечивает почти круговую диаграмму направленности. Однако эффективность приема оказывается невысокой, особенно в диапазонах АМ. Поэтому эти антенны получили широкое распространение только в тех странах, где концентрация радиостанций велика и, следовательно, велик уровень принимаемых сигналов.

Еще одной разновидностью автомобильных антенн являются гибкие стержневые антенны, выполненные из стеклопластика (рис. 2). Они имеют большую длину (1400—2030 мм) и закрепляются на автомобиле обоими концами. В результате, получается не штырь, а дуга. Но поскольку эффективность приема у дугообразной антенны ниже, чем у штыревой, ее эффективность не превышает эффективности обычной штыревой телескопической антенны длиной 1000 мм.

Активные автомобильные антенны, которые в последнее время находят все более широкое распространение, лишены многих из названных выше недостатков.

Их можно располагать как внутри салона, так и снаружи автомобиля, причем практически в любом месте. Например, у антенны АВ-24 (рис. 3) для автомобиля ГАЗ-24 пассивная часть выполнена в виде зеркала заднего вида, а усилитель расположен в его опоре; у антенн «Вилнис» для автомобилей ВАЗ и «Москвич» пассивная часть закрепляется под зеркалом заднего вида. Особенно перспективным представляется использование в качестве пассивного элемента обогревателя заднего стекла, поскольку в этом случае не требуется механических доработок конструкции автомобиля, и, кроме того, уровень радиопомех от системы зажигания здесь минимален. Однако обогревательные провода в этом случае должны обеспечивать почти круговую диаграмму направленности в диапазонах АМ и ЧМ, что пока еще не достигнуто.

Главное преимущество активных антенн — это большой полезный сигнал на выходе, который несоизмерим с потерями в высокочастотном кабеле, переходных и укорачивающем конденсаторах. Это позволяет использовать соединительный кабель между антенной и радиоприемником любой необходимой длины, а в выходной штеккер антенны встраивать укорачивающий конденсатор необходимой емкости.

Однако активные автомобильные антенны по качеству радиоприема пока еще уступают штыревым пассивным. Это связано с тем, что у них мало значение отношения «сигнал/шум» (в основном из-за шумов эквивалентной проводимости входной цепи антенного усилителя и собственных шумов ак-

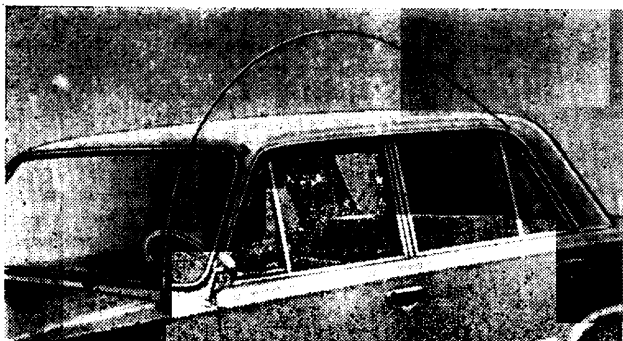


Рис. 2

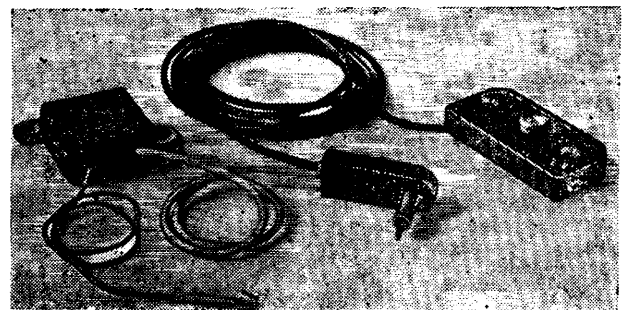


Рис. 3

тивных усилительных элементов). Выход из этого положения — в уменьшении сопротивления входных цепей антенного усилителя и сужении диапазона частот усиливаемого сигнала (например, за счет двухканальных антенных усилителей, т. е. отдельных каналов для диапазона АМ и диапазона ЧМ). Кроме того, в схемах следует применять «малощумящие» транзисторы, т. е. транзисторы с небольшими коэффициентами шума.

У активных антенн есть еще недостаток — они обладают перекрестными помехами, возникающими в результате интерференции различных сигналов АМ и ЧМ диапазонов. Проведенный анализ [2] показывает, что уровень этих помех пропорционален квадрату отношения амплитуд несущих частот. Причинами, вызывающими перекрестные помехи, являются искажения в усилителях, преобразование ЧМ в АМ или ФМ (фазовая модуляция) в усилителях или фильтрах. Для их устранения в активной антенне нужно устанавливать фильтры [3] и усилители с характеристиками, максимально приближенными к оптимальным. Задача эта пока что трудновыполнимая, поэтому улучшение параметров активных антенн должно идти по пути снижения уровня шумов. К сожалению, это не всегда учитывается на

практике, и нередко случаются, когда создаются активные антенны с возможно большим коэффициентом усиления, причем в ущерб всем другим параметрам.

Из всего сказанного вытекает, что, хотя по своим конструктивным и электрическим параметрам активные автомобильные антенны более перспективны, вопрос о замене ими штыревых пока преждевремен. Сейчас ведутся работы по улучшению их электрических характеристик, и пока качество приема на них уступает качеству приема на антенны штыревые, нужно применять последние, тем более, что их возможности далеко еще не исчерпаны.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Пат. 253474 (Великобритания). Yokota M. Device for withdrawing and locking an antenna for automobiles; опублик. 17.11.71; кл. H4A.
2. Mojoli. Interligible Grosstalk (DACI) Between F/N Systems. — Alfa frequenza, 1973, v. 42, N 2, p. 9E-69—19E69.
3. Петров В. В. Способы уменьшения габаритов автомобильных приемных антенн. — Автотракторное электрооборудование, 1981, № 3, с. 8—10.



УДК 621.7.04-187.4:658.511.2

Малоотходная технология — средство повышения производительности труда и снижения металлоемкости изделий

Ю. Л. СОКОЛОВ

НИИТавтопром

И СХОДЯ из задач, поставленных XXVI съездом КПСС, Минавтопромом определены основные пути, предусматривающие снижение расхода проката черных металлов в XI пятилетке с использованием опыта передовых предприятий отрасли (таких как ЗИЛ, КамАЗ, ВАЗ), последних достижений науки и техники и разработок отраслевых и внеотраслевых научно-исследовательских институтов и организаций, совершенствования конструкции автомобильной техники, применения эффективных экономичных материалов и, прежде всего, дальнейшего внедрения новых и распространения действующих малоотходных технологических процессов.

Создание и внедрение таких процессов на данном этапе научно-технического прогресса обуславливается необходимостью комплексного подхода к решению вопроса «экономика металла — повышение производительности труда», а также тем, что малоотходные технологические процессы дали наибольший эффект в прошедшей пятилетке. Поэтому в XI пятилетке на предприятиях отрасли сохранится тенденция дальнейшего развития производства деталей методами холодного, полугорячего и горячего пластического деформирования, наиболее эффективных как с точки зрения снижения металлоемкости, заготовок, так и с точки зрения повышения производительности труда. Предусматривается дальнейшее внедрение широкоулонной стали и методов рационального ее раскроя в листоштамповочном производстве, деталей сварных конструкций, безокислительного нагрева заготовок и т. д.

Широкое распространение получают технологические процессы клиновой прокатки и кольцевой раскатки заготовок, полугорячей накатки и холодного калибрования зубьев шестерен, производства деталей на горячештамповочных и холодновысадочных автоматах и кривошипных горячештамповочных прессах (КГШП), профилирования, вальцовки и холодного выдавливания заготовок, производства деталей из металлических порошков, штамповки заготовок шестерен с формообразованием зубьев и заготовок, полученных переплавом отходов способом непрерывной разливки стали. Например, в 1988 г. по сравнению с 1980 г. штамповка заготовок

увеличилось производство деталей методом холодного выдавливания в 1,5 раза, методом клиновой прокатки в 6 раз; производство заготовок шестерен с формообразованием зубьев в 2,5 раза, заготовок на КГШП в 1,3 раза; применение рулонного проката в 2,5 раза, деталей из металлических порошков в 1,5 раза. Для этой цели будут создаваться новые мощности и реконструироваться отдельные предприятия отрасли, перевооружаться производства за счет замены устаревшего оборудования на новое более производительное, внедряться более совершенный режущий инструмент и штампы, механизироваться и автоматизироваться действующие технологические процессы.

Более 80% объема проката черных металлов предусматривается экономить за счет совершенствования технологии заготовительного производства. Так, в горячештамповочном производстве предусматривается дальнейшее совершенствование малоотходных технологических процессов, способствующих экономии металлопроката за счет увеличения объемов штамповки на КГШП, в том числе процессов точной штамповки и штамповки заготовок шестерен с формообразованием зубьев, внедрения горячештамповочных автоматов, ковочных вальцов, радиально-обжимных и раскатных машин, оснащенных грузочными устройствами и средствами межоперационного транспорта. При этом основной выпуск горячих штамповок предполагается осуществлять в комплексно-механизированных и автоматизированных цехах и участках. Все это позволит наряду с экономией проката значительно повысить производительность труда в кузнечном производстве.

В текущей пятилетке объем производства горячих штамповок планируется увеличить на 400 тыс. т, в том числе штамповок повышенного класса точности — на 200 тыс. т. Преимущественное применение получат разработанные в НИИТавтопроме технологические процессы горячей штамповки заготовок шестерен с формообразованием зубьев и полугорячей накатки зубьев шестерен. Внедрение этих процессов только на производственных объединениях «ЗИЛ», КамАЗ, «ГАЗ» и «УралАЗ» позволит снизить расход проката за пятилетие на 12 тыс. т, а в отрасли — около

24 тыс. т проката черных металлов, высвободить большое количество рабочих и получить более 800 тыс. руб. экономии в год.

Значительный эффект должен быть получен за счет дальнейшего внедрения процессов клиновой прокатки, кольцевой раскатки и профилирования заготовок. Только внедрение на подшипниковых заводах автоматизированных и поточно-механизированных линий мод. Л—309, Л—324 и др. для изготовления заготовок колец подшипников даст экономии более 10 тыс. т проката в год.

Дальнейшее распространение получают также технологические процессы безокислительного нагрева заготовок под горячую штамповку. В результате значительно снизятся потери металла в окалину, что даст экономии проката более 5 тыс. т.

НИИТавтопром совместно с предприятиями отрасли отработана номенклатура деталей для перевода их изготовления с точения на холодное выдавливание. Потенциальные возможности применения этого технологического процесса составляют 170 тыс. т в год. Мероприятия, разработанные в производственных объединениях на 1981—1985 гг., должны обеспечить внедрение холодного выдавливания деталей на предприятиях отрасли, что позволит сэкономить свыше 40 тыс. т проката черных металлов, высвободить более 300 рабочих и получить экономии 6,5 млн. руб. Как уже упоминалось, в листоштамповочном производстве экономии металла и повышения производительности труда можно добиться за счет применения широкорулонной стали, внедрения линий, а также методов рационального раскроя листовой стали, в том числе с применением ЭВМ. Решение этого комплекса вопросов, предусмотренных мероприятиями производственных объединений, позволит довести объемы применения рулонной стали до 1,1 млн. т, сэкономить за пятилетие свыше 100 тыс. т листового проката, и получить 385 тыс. руб. экономии. Линии раскроя будут созданы силами станкостроения отрасли.

Значительное количество металла должно быть сэкономлено за счет дальнейшего внедрения технологии изготовления деталей из металлических порошков. НИИТавтопром совместно с предприятиями отрасли разработана номенклатура деталей для автомобилей из металлических порошков с перспективой доведения их количества в следующей пятилетке до 45 тыс. т. Союзподшипником разработана номенклатура деталей подшипников из металлических порошков, получаемых из отходов. На предприятиях объединения предусматривается в текущей пятилетке изготовить по проекту ВНИПП и внедрить две линии мощностью 2 тыс. т в год по производству металлического порошка из отходов проката. Это позволит снизить за пятилетие расход дорогостоящего проката данной стали на 4 тыс. т.

За пять лет предусматривается сэкономить 25 тыс. т проката за счет дальнейшего перевода изготовления деталей, традиционно обрабатываемых точением, на штамповку из металлических порошков и получить около 10 млн. руб. экономии.

В XI пятилетке получают распространение и другие прогрессивные технологические процессы, направленные на экономии проката черных металлов в отрасли. Значительно увеличится количество деталей сварных конструкций «прокат—штамповка» и «прокат—прокат», полученных сваркой трением и электронно-лучевой сваркой. Внедрение этого процесса на производственных объединениях «ГАЗ», КамАЗ, «АвтоУАЗ», заводах Союзавтоагрегата и других предприятиях отрасли позволит снизить расход проката более чем на 9 тыс. т. Около 6 тыс. т проката черных металлов будет сэкономлено от внедрения технологического процесса листовой штамповки с растяжением—сжатием.

Реализация мероприятий, разработанных на XI пятилетку по внедрению малоотходных технологий, связанных с переработкой проката черных металлов, позволит снизить расход проката в отрасли более чем на 450 тыс. т, высвободить несколько тысяч рабочих и получить более 40 млн. руб. экономии.

УДК 621.785.52:629.113.002.2

Технологические резервы повышения качества цементованных деталей

Канд. техн. наук В. М. ЗИНЧЕНКО

НИИТавтопром

ЦЕМЕНТАЦИЯ и нитроцементация большей части автомобильных деталей осуществляются в автоматизированных проходных и камерных агрегатах, обеспечивающих проведение полного цикла обработки с применением контролируемых газовых атмосфер, при автоматическом регулировании углеродного потенциала печных атмосфер.

На первый взгляд целесообразность работ по дальнейшему совершенствованию этих традиционных процессов вызывает сомнение. Однако, учитывая, что цементация и нитроцементация благодаря уникальности комплекса свойств обрабатываемых деталей будут постоянно занимать ведущую роль (несмотря на появление новых методов поверхностного упрочнения — газового и жидкостного азотирования, термообработки с применением лазерного излучения, напыления тугоплавких материалов и т. п.), возникает вопрос — все ли сделано для реализации потенциальных возможностей этих процессов с целью дальнейшего повышения долговечности и надежности обрабатываемых деталей? Вопрос этот правомерен, потому что даже прогрессивные процессы газовой цементации и нитроцементации имеют ряд недостатков: в поверхностных слоях деталей образуются избыточные карбиды и карбонитриды, продукты немартенситного превращения, повышается количество остаточного аустенита, появляется темная составляющая.

Это ведет к заметному снижению прочностных характеристик деталей [1].

Устранение названных дефектов или предотвращение их возникновения является существенным резервом повышения долговечности и надежности деталей, прежде всего шестерен и валов коробок передач, раздаточных коробок и задних мостов, рабочие поверхности которых не подвергаются шлифованию после цементации, а один из путей — внедрение режимов цементации, разработанных НИИТавтопром совместно с заводами отрасли.

Как известно, насыщение стальных деталей углеродом осуществляется по двум режимам — при постоянном углеродном потенциале в течение всего процесса насыщения и при ступенчатом изменении углеродного потенциала (в начале процесса он поддерживается на уровне 1,2—1,3% С, а в конце снижается до оптимальной для каждой стали концентрации и обычно находится в пределах 0,8—1,0% С).

При цементации по обоим режимам в поверхностных слоях обрабатываемых деталей происходят нежелательные структурные и фазовые превращения, которые в значительной степени способствуют образованию немартенситных структур, резкому снижению микротвердости слоя. Это хорошо видно из рис. 1, где приведена микрофотография поверхностного слоя стали 18ХГТ с трооститной полосой, и рис. 2.

Образование в поверхностных слоях цементованных деталей структур немартенситного типа считают в основном следствием внутреннего окисления легирующих элементов стали [1]. Согласно этой точке зрения, при насыщении стали углеродом в эндотермической атмосфере в результате образования окислов в поверхностном слое толщиной 150—40 мкм происходит обеднение твердого раствора легирующими элементами, что сопровождается снижением прокаливаемости этого участка слоя. При закалке в этой зоне образуется трооститная структура в виде сетки по границам зерен или в виде сплошной полосы.

Однако, несмотря на то, что данная точка зрения является общепризнанной, проблема получения бездефектной структуры поверхностного слоя деталей при цементации окончательно не решена, а разработанные способы устранения влияния внутреннего окисления или усложняют производственный процесс (механическое удаление тонкого слоя), или требуют применения дорогих

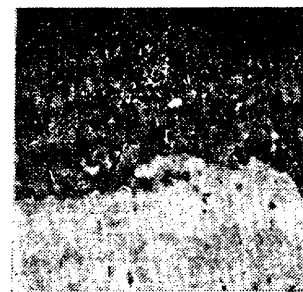


Рис. 1. Трооститная полоса в поверхностном слое цементованной стали 18ХГТ

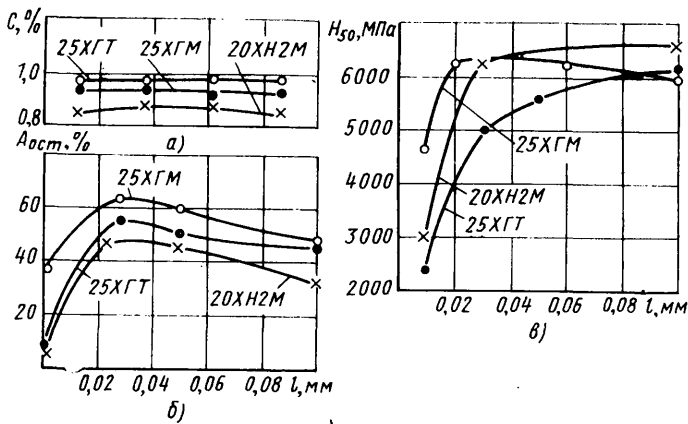


Рис. 2. Распределение углерода (а), остаточного аустенита (б) и микротвердости (в) по слою цементованных сталей (l — расстояние от поверхности)

и дефицитных элементов (стали с молибденом), или трудно-выполнимы (повышение скорости охлаждения при закалке), или связаны с применением дополнительного технологического газа (аммиака).

В результате комплексного исследования микроструктуры тонкого поверхностного слоя цементованных образцов из разных сталей при помощи металлографического, фазового, химического и микрорентгеноспектрального анализов установлена природа этого явления [2]. Выяснено, что в местах расположения трооститных участков находятся окисные и карбидные соединения железа, хрома, марганца, кремния, а также включения графита и происходит значительное обеднение твердого раствора углеродом и легирующими элементами (рис. 3).

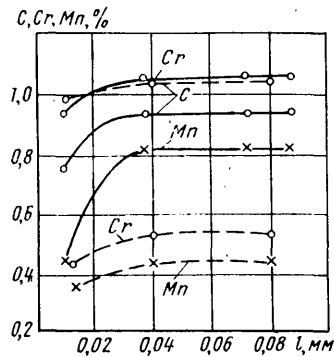


Рис. 3. Распределение углерода, хрома и марганца в твердом растворе по толщине цементованного слоя в образцах из сталей 25X1ГТ (сплошные линии) и 20ХН2М (штриховые линии)

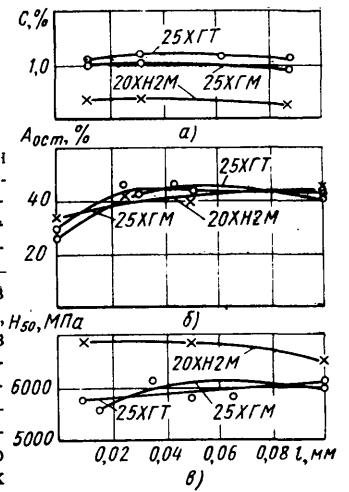
Кратко рассмотрим механизм выявленных процессов. При цементации и эндотермической атмосфере прежде всего происходит насыщение стали углеродом, которое благодаря протеканию химических реакций сопровождается образованием в тонком поверхностном слое карбидов железа и легирующих элементов. В результате и происходит обеднение твердого раствора легирующими элементами и углеродом. При последующем насыщении стали кислородом и диффузии кремния карбиды окисляются и распадаются с образованием окислов и графита. Уменьшение легированности и обезуглероживание твердого раствора, а также образование неметаллических включений (окислов и графита) повышают критическую скорость закалки этой зоны слоя, что является причиной образования немартенситных структур при закалке.

Таким образом, задача заключается в том, чтобы в процессе цементации предотвратить уменьшение прокаливаемости тонкого поверхностного слоя. В процессе цементации этого можно достигнуть только регулированием содержания углерода в твердом растворе, что и обеспечивают два новых режима. При первом из них углеродный потенциал атмосферы

Таблица 1

Поверхностная концентрация углерода, %	Толщина слоя, мм	Механические свойства			Углеродный потенциал
		σ_{-1} , МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	a , МДж/м ²	
0,80	1,05	700	—	0,34	Постоянный То же
0,90	1,00	770	—	0,27	
0,88	1,10	680	1620	0,15	Увеличение в конце процесса
0,80	0,95	760	1750	0,45	
1,00	1,00	870	1960	0,33	То же
1,00	1,05	800	1930	0,38	
0,94	1,05	830	—	0,36	

Рис. 4. Распределение углерода (а), остаточного аустенита (б) и микротвердости (в) по толщине цементованного слоя образцов из сталей после цементации по новому способу



в течение последних 20—40 мин цементации (обычно на стадии подстуживания) повышается до 1,0÷1,1% С, при втором потенциал постепенно повышается с 0,5÷0,6 до 1,0—1,1% С. Благодаря этому в первом случае (А.с. 572533, СССР) убыль углерода из твердого раствора в результате образования карбидов восполняется повышением углеродного потенциала непосредственно перед закалкой, что исключает образование новых карбидов и предотвращает образование трооститных участков в поверхностных слоях цементованных деталей. В результате микротвердость в поверхностных слоях повышается до 650—700 H_{50} , а содержание остаточного аустенита — до 25—30% (рис. 4), лучшими становятся и прочностные характеристики цементованных сталей (табл. 1).

Второй режим позволяет изменить, по сравнению с традиционным, распределение углерода по упрочненному слою. Дело в том, что для деталей, работающих при высоких нагрузках, необходимо получить плавную кривую распределения углерода с «площадкой» на высоком значении его содержания. При закалке это обеспечивает образование большого слоя, имеющего структуру высокой твердости. Такое распределение углерода приводит к повышению усталостной прочности и контактной выносливости [3].

Добивались этого за счет ступенчатых режимов цементации. Однако при осуществлении таких режимов снижалась твердость в тонком поверхностном слое (из-за обезуглероживания твердого раствора в течение диффузионного периода). Поэтому, несмотря на распределение углерода с площадкой, долговечность цементованных деталей оставалась низкой (табл. 2).

Таблица 2

Марка стали	Поверхностная концентрация углерода, %	Толщина слоя, мм	Механические свойства			Режим насыщения
			σ_{-1} , МПа	$\sigma_{изг}$, МПа	a , МДж/м ²	
25X1ГТ	0,82	0,85	765	2000	0,43	Прямой То же
25X1ГТ	0,93	0,95	830	2010	0,35	
25X1ГТ	0,83	0,85	625	1710	0,48	Ступенчатый То же
25X1ГТ	0,86	0,85	725	2100	0,36	
25X1ГТ	0,85	0,90	670	2100	0,35	—
25X1ГМ	0,89	1,10	710	1800	0,26	
25X1ГМ	0,87	1,10	790	1570	0,28	Прямой То же
25X1ГМ	0,97	1,10	690	1700	0,36	
25X1ГМ	0,97	1,20	630	1770	0,35	—
25X1ГМ	0,88	1,30	700	1550	0,20	

Второй из новых режимов лишен этого недостатка, так как позволяет получать «площадку» без наличия трооститных участков в периферийных слоях упрочненного слоя. Это видно из рис. 5, где приведены кривые распределения микротвердости по цементованному слою деталей из стали 12Х2Н4А, обработанных по разным режимам. В частности, график показывает, что при ступенчатом повышении углеродного потенциала микротвердость имеет более высокое значение и благоприятнее распределяется по слою (на кривой есть площадка с высокой микротвердостью). Последнее объясняется тем, что при ступенчатом повышении углеродного потенциала

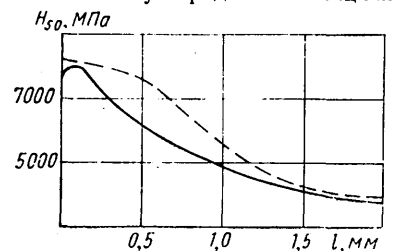


Рис. 5. Распределение микротвердости в поверхностном слое шестерен из стали 20Х2Н4А после цементации по обычному режиму (сплошная кривая) и при ступенчатом повышении углеродного потенциала (штриховая кривая)

печной атмосферы уменьшается пересыщение тонкого поверхностного слоя и замедляется процесс образования карбидов в нем, которые, как известно, затрудняют диффузионное перемещение углерода в толщу металла. Без карбидов же углерод проникнет на большую глубину слоя, а на высокоуглеродистом участке кривая распределения углерода становится более пологой. Например, при цементации образцов из стали 18ХГТ толщина слоя до 0,7% С увеличилась в 1,5—2 раза. Отмеченное изменение распределения углерода повышает прокаляемость этой части слоя.

При цементации с постепенным повышением углеродного потенциала процесс образования карбидов тоже замедляется, что улучшает условия для регулирования поверхностной концентрации углерода. Это имеет большое значение, так как поверхностная концентрация углерода является одним из основных параметров, которые определяют долговечность цементованных деталей. При этом к нежелательным последствиям приводит как недонасыщение, так и перенасыщение: снижаются такие прочностные характеристики цементованной стали как ударная вязкость, усталостная выносливость и статическая изгибная прочность. Например, при уменьшении поверхностной концентрации углерода в образцах из стали 15ХГН2ТА на 0,07, 0,11 и 0,15% ее величины, обеспечивающей максимальное значение предела усталости, происходит снижение этой характеристики соответственно на 5, 10 и 15% [4].

Поверхностная концентрация углерода влияет и на другие характеристики цементованных деталей, в частности, на толщину упрочненного слоя, которая, как известно, назначается, исходя из конкретных условий их работы. Например, многолетней практикой и многочисленными исследованиями установлено, что толщина поверхностного слоя шестерен будет оптимальной, если ее отношение к модулю равно 0,2—0,3 [1]. Так же, как и в случае поверхностной концентрации углерода, отклонения от этого отношения в ту или иную сторону приводят к снижению усталостной прочности зубьев шестерен. Так, в работе [5] показано, что при отношении, равном 0,14, долговечность шестерен при стендовых испытаниях меньше, чем при отношении, равном 0,19 (рекомендуемое отношение для шестерен с модулем 6 мм равно 0,21). Результаты стендовых испытаний шестерен с модулем 4 мм (рекомендуемое отношение 0,24) свидетельствуют об отрицательном влиянии увеличения этого отношения сверх оптимального: при 0,275 (толщина слоя 1,1 мм) предел выносливости выше, чем при 0,350 (толщина слоя 1,4 мм) [6].

Приведенные данные свидетельствуют о том, что усталостная прочность зубьев шестерен тем выше, чем ближе к оптимальному значению отношение толщины слоя к модулю. Отсюда видно, что снижение разброса значений толщины слоя приводит к повышению долговечности шестерен.

При оценке влияния толщины упрочненного во время цементации поверхностного слоя на долговечность деталей необходимо учитывать, что в настоящее время на заводах отрасли применяются различные методы определения толщины слоя, причем наибольшее распространение имеют два из них: по общей глубине насыщения стали углеродом, т. е. до структуры сердцевин в отожженном состоянии, и по глубине насыщения до структуры, состоящей из 50% перлита и 50% феррита. Кроме того, на Волжском автозаводе им. 50-летия СССР поверхностный слой оценивают по его эффективной толщине до заданной твердости.

В технической литературе неоднократно подчеркивалось, что метод определения толщины слоя по общей глубине насыщения стали углеродом (до структуры сердцевин) не дает объективной оценки, так как в этом случае учитывается лишь влияние распределения углерода по слою. Однако свойства цементованных деталей формируются не только на стадии насыщения, структура и свойства окончательного формируются на стадии закалки. Поэтому при определении толщины слоя цементованных деталей целесообразно применять такой метод, при котором учитывается влияние всех основных факторов, действующих при химико-термической обработке: химический состав стали, распределение углерода, структурных и фазовых составляющих, а также распределение остаточных напряжений. Таким методом и является определение эффективной толщины слоя при оценке расстояния от поверхности до определенного значения твердости.

При цементации обычно определяют слой до твердости HRC 50 или HV 550.

Влияние основных факторов, действующих при химико-термической обработке, учитывается и при использовании метода определения толщины упрочненного слоя по закаленной зоне.

Кроме режимов насыщения стальных деталей углеродом, на качество цементованных деталей влияют состав насыщающей атмосферы, его постоянство и схема снабжения печей и агрегатов эндотермической атмосферой.

На заводах отрасли в основном применяется эндотермическая атмосфера с содержанием 40% водорода. В последнее время стала применяться также атмосфера, содержащая 20% водорода. Для оценки влияния этих атмосфер были проведены сравнительные исследования. Анализ показал, что с повышением содержания водорода в эндотермической атмосфере с 20 до 40% ее насыщающая способность увеличивается. Это благоприятствует получению в деталях за то же время более высокой поверхностной концентрации углерода и большей толщины упрочненного слоя. Более интенсивное насыщение углеродом приводит к получению мартенситной структуры с повышенной твердостью и распространению высокой твердости на большую глубину. Формирование такой микроструктуры поверхностного слоя и получение большего упрочненного слоя обеспечивают высокую несущую способность зубьев шестерен [6]: шестерни, прошедшие цементацию в атмосфере с 40% водорода, выходили из строя из-за питтинга рабочей поверхности зубьев, в то время как шестерни, прошедшие цементацию в атмосфере с 20% водорода, — из-за поломок зубьев.

Приведенные результаты, а также другие результаты определения механических свойств сталей после цементации в атмосферах с разным содержанием водорода, показывают, что увеличение содержания водорода до 40% в насыщающей атмосфере не вызывает ухудшения их свойств. Установлено, что при цементации (а также при нитроцементации) не происходит наводороживания стали; во многих случаях наблюдается даже уменьшение содержания водорода в стали после цементации и нитроцементации.

Приведенные данные позволяют утверждать, что эндотермическая атмосфера, содержащая 40% водорода, с точки зрения обеспечения высоких эксплуатационных свойств деталей имеет явные преимущества перед атмосферой с содержанием 20% водорода.

Рассматривая роль поверхностной концентрации углерода и толщины упрочненного слоя в обеспечении долговечности и надежности цементованных деталей, необходимо учесть, что они зависят от колебаний состава атмосферы. Проведенный анализ колебаний состава печной атмосферы в зонах проходного толкательного агрегата показал, что наблюдаемые колебания содержания в печной атмосфере таких компонентов, как CO_2 и CH_4 , приводят к изменению углеродистого потенциала атмосферы от 0,4 до 1,0%. Стабилизировать углеродный потенциал атмосферы можно только при помощи приборов автоматического регулирования состава печной атмосферы.

Степень стабилизации поверхностной концентрации и другие характеристики поверхностного слоя зависят также от схемы снабжения печей и агрегатов эндотермической атмосферой.

В настоящее время на большинстве заводов отрасли применяется централизованная схема, при которой эндогаз, вырабатываемый разными генераторами, поступает в общую кольцевую систему и затем в печь или агрегат. При такой схеме параметры отдельного генератора зависят от случайных изменений давления в общем коллекторе из-за частого открытия загрузочных и разгрузочных тамбуров, различия давлений эндогаза на выходе из других генераторов, из-за нарушений в работе отдельных агрегатов и генераторов. При индивидуальной схеме снабжения, когда эндогаз в агрегат поступает от отдельного генератора, число таких отклонений значительно меньше, что способствует более точному регулированию состава печной атмосферы.

Таким образом, повышению долговечности и надежности цементованных деталей будут способствовать следующие мероприятия:

внедрение новых режимов насыщения, позволяющих получать бездефектные поверхностные слои обрабатываемых деталей. Сравнительные испытания образцов и стендовые испытания деталей показали, что при осуществлении цементации по новым режимам прочностные свойства образцов и деталей повышаются на 20—25%;

использование для химико-термической обработки эндотермической атмосферы, содержащей 40% водорода;

применение приборов автоматического регулирования углеродного потенциала печной атмосферы;

применение индивидуальной схемы снабжения печей и агрегатов эндотермической атмосферой;

оценка эффективной толщины слоя, т. е. слоя до твердости HV 550.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Козловский И. С. Химико-термическая обработка шестерен. М.: Машиностроение, 1970, 232 с.
2. Зинченко В. М. — Гершневская Б. В. Внутреннее окисле-

ние легированных сталей при цементации и пути устранения его отрицательного влияния. — Технология автомобилестроения, 1977, № 2, с. 15—24.

3. Козловский И. С., Оловянишников В. А., Зинченко В. М. Критерии оценки качества и основы рационального выбора цементуемых и нитроцементуемых сталей. — МнТОМ, 1981, № 3, с. 2—9.

4. Мелешкин В. Л., Зинченко В. М. Автоматическое регулирование углеродного потенциала печных атмосфер. — МнТОМ, 1978, № 8, с. 64—67.

5. Влияние содержания водорода в контролируемой атмосфере на длительность насыщения, структуру и свойства цементованных деталей. / Зинченко В. М., Кузнецов В. В., Лабутина Е. Я. и др. — Технология автомобилестроения, 1979, № 8, с. 15—18.

6. Шейншлин Б. Е., Чайковский С. З., Александров Б. И. Водородное охрупчивание при термической обработке в контролируемых атмосферах. В сб.: Интенсификация процессов химико-термической обработки. М.: МДНТП, 1973, с. 41—45.

УДК 629.113.012.853-03:621.771

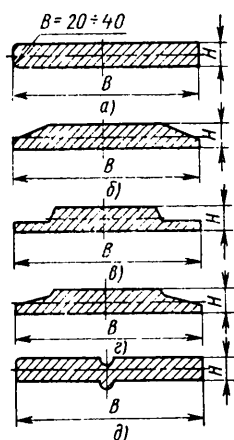
Совершенствование проката для листовых рессор

В. П. ПРИХОДЬКО, В. В. РУНОВ, Ю. Е. КУЛАК, К. К. ДЬЯЧЕНКО, В. И. ПОТОЦКИЙ

НИИАТМ, УкрНИИМет

КАЧЕСТВО изготовления, а следовательно, и эксплуатационная стойкость рессор зависят от точности рессорного проката, поставляемого металлургическими заводами.

В настоящее время для изготовления рессор используют пять видов профилей горячекатаного проката (см. рисунок). Причем, для рессор автотракторной техники применяют четыре вида профилей (рисунок, а—г), а типоразмеров — значительно больше.



Профили рессорного проката: а — прямоугольный; б — трапециевидный; в — Т-образный; г — трапециевидно-ступенчатый; д — желобчатый

Для экономного расходования металла широко ведутся работы по замене рессорного проката прямоугольного и трапециевидного профилей на наиболее экономичные: с Т-образным и трапециевидно-ступенчатым сечениями, обеспечивающими существенное снижение массы рессор.

Требования к точности рессорного проката касаются, прежде всего, допусков к номинальным размерам проката: $\pm 0,1$ мм по толщине, $\pm 0,3$ мм по ширине до 50 мм и $\pm 0,4$ мм свыше 50 мм; 1 мм на 1 м длины полосы по ребровой кривизне,

(серповидности), и 2 мм на 1 м длины по неплоскостности; вогнутость плоскостей оснований поперечного сечения — не более 0,05 мм и разнотолщинность кромок в одном сечении — не более 0,03 мм.

Безусловно, качество рессорного проката зависит от культуры производства и состояния прокатного оборудования на металлургических предприятиях.

Для разработки мероприятий по обеспечению рессорного производства прокатом высокого качества и выявления имеющихся резервов была исследована фактическая точность рессорного проката. С этой целью исследовали прокат трех типоразмеров каждого профиля на разных заводах, причем сечения были минимального, максимального и среднего размеров.

В процессе исследований фиксировали: серповидность проката, неплоскостность, допускаемую разность толщины кромок и середины в одном сечении (вогнутость), допускаемую разность толщины кромок в одном сечении, толщину и ширину.

Серповидность полосовой стали на заводах имела диапазон отклонений 0—3,5 мм, а на Чусовском металлургическом заводе — 1,0—5,0 мм, так как стан на этом заводе имеет вертикальные передающие проводки и обводные аппараты. Средние отклонения по серповидности находились в диапазоне 1,56—2,46 мм и не превышали требований действующего стандарта (2,5 мм). Однако на тонких профилях прямоугольной полосовой стали 45×6 мм и трапециевидной — 65×7 мм отклонения соответственно составляли 2,66 и 2,8 мм. При этом наблюдалось увеличение серповидности с уменьшением сечения профиля.

Неплоскостность различных типов полосовой стали имела диапазон отклонений 0—10 мм. Средние отклонения неплоскостности, зависящие от жесткости полосы, т. е. от отношения B/H к периметру, находились в пределах 2,754—5,94 мм и

подчинялись закономерности распределения по толщинам, принятым в стандарте.

Вогнутость полосовой стали различных типов соответствовала допускаемой величине 0,4 мм. Однако на некоторых заводах были случаи, когда вогнутость составляла $> 0,4$ мм. Отклонения в среднем составляли 0,13—0,28 мм и увеличивались с ростом толщины полосы. Так, на полосовом профиле 45×6 мм вогнутость равнялась 0,13 мм, на профиле 65×9 мм — 0,19 мм и на профиле 90×10 мм — 0,22 мм. Такая тенденция не наблюдалась при прокатке трапециевидных рессорных профилей. На вогнутость существенно влияет способ охлаждения: индивидуальный или в пакете.

Разнотолщинность кромок в одном сечении партии проката находилась в диапазоне 0—0,1 мм (среднее значение 0,026—0,068 мм) и была значительно ниже установленной стандартом. Отклонения по толщине прямоугольных рессорных полос находились в диапазоне $-0,25 \div +0,20$ мм (по стандарту $\pm 0,20$ мм). Характерно, что средние отклонения проката одного завода были в диапазоне $-0,042 \div -0,128$ мм.

Исследования точности проката по ширине показали, что заводы используют практически все поле допуска, но прокатка основной массы металла выполняется по минусовым допускам (среднее значение отклонений по ширине находится в диапазоне $-0,22 \div -0,218$ мм).

При резке полос на мерные длины до 4000 мм отклонения прямоугольной полосовой стали составляют 0—45 мм (средние значения 27,3—34,08 мм), а свыше 4000 мм (независимо от типа стали) — 0—60 мм. Однако некоторые полосы размерами 65/40×10/4×5000 и 90×12×5000 мм имели отклонения 50—95 мм, а размером 75×8×7000 мм — 0,70 мм.

Таким образом, исследования фактической точности полос рессорной стали показали, что точность проката по основным нормируемым показателям изменяется в пределах: по серповидности 1,0—5,0 мм, неплоскостности 1—10 мм, вогнутости 0,05—0,45 мм, разности толщины кромок в одном сечении 0—0,10 мм, толщине $-0,25 \div +0,20$ мм, ширине $-0,8 \div +0,8$ мм.

В результате исследований были разработаны мероприятия, направленные на получение проката, наиболее полно удовлетворяющего требованиям по точности, которые отражены в новом ГОСТ 7419.0—78 — ГОСТ 7419.8—78 «Сталь горячекатаная рессорно-пружинная. Сортамент».

В новом ГОСТе сокращены предельные отклонения точности от +80 мм до +60 мм при резке на мерные длины до 6000 мм. Ужесточены требования по допускаемой разнице толщин кромок в одном сечении, сокращена разность толщин кромок и середины в одном сечении для обычной точности проката полос толщиной до 12 мм включительно, а толщиной свыше 12 мм — оставлена на уровне значений, установленных ранее.

Учитывая фактическое состояние оборудования действующих прокатных станков, предусмотрены три категории точности проката рессорных профилей: обычная, высокая и высшая.

Обычная точность проката установлена на основании достигнутой точности производства рессорной полосовой стали различных типов, а также анализа данных, полученных на основании разработанного алгоритма для определения минимально возможных и экономически целесообразных предельных отклонений на рессорную сталь с учетом технологии прокатки и состояния оборудования станков на данном этапе.

Высокая точность регламентирована возможностью производства рессорной стали на существующем оборудовании с последующей сортировкой проката. По данным Чусовского металлургического завода, объем производства профилей вы-

Автомобильная промышленность, № 2, 1982 г.

сокой точности от общего производства проката не превышает 25%. Высшая точность проката предусматривает выполнение перспективных требований потребителей.

К сожалению, в настоящее время невозможно подсчитать экономический эффект от рессор, изготовленных из проката высокой точности, поскольку нет сопоставимых результатов по их долговечности. Это связано с тем, что практически даже в одной партии (плавке) рессорный прокат имеет довольно широкий диапазон допусков на геометрические размеры.

Однако несомненно, что экономическая эффективность мероприятий по повышению точности рессорного проката будет тем выше, чем точнее будут выполнять заводы требования нового стандарта по изготовлению проката в кратных длинах и в поле минусовых допусков. Именно это даст максимальную экономию металлопроката в народном хозяйстве и снизит его отходы, обеспечит высокопроизводительную работу автоматизированного оборудования в рессорном производстве и исключит брак на заготовительных операциях.

УДК 621.43-222-034.13

Новый материал для монометаллических гильз цилиндров двигателей ЗМЗ

Канд. техн. наук М. М. ЛЕВИТАН, В. Б. ПИЧУГИН, В. Г. РАБЕКО, А. И. ХОРУНЖИЙ, В. А. ВОЛГИН, И. В. МАРТЕМЬЯНОВ

НАМИ, Заволжский моторный завод им. 50-летия СССР, Костромской завод «Мотордеталь»

МАТЕРИАЛ, применяемый для изготовления гильз цилиндров двигателей, должен обеспечивать надежную и быструю приработку, высокое сопротивление абразивному износу, хорошее сопротивление схватыванию (адгезии), иметь удовлетворительную коррозионную стойкость и низкий коэффициент трения с материалом поршневых колец и поршней. Как показывает опыт эксплуатации, применяемые в некоторых конструкциях двигателей гильзы из серого чугуна с запрессованной в верхнюю часть вставкой из высоколегированного аустенитного чугуна (нирестиста), удовлетворяют не всем этим требованиям, в частности, не обладают достаточной надежностью и долговечностью. Кроме того, эти гильзы нетехнологичны не только при изготовлении, но и при ремонте, и имеют высокую себестоимость.

В связи с этим НАМИ совместно с заводами отрасли выполнена большая работа по созданию монометаллических гильз цилиндров из материала с высокими антифрикционными свойствами и износостойкостью, а также обладающего удовлетворительной технологичностью и низкой себестоимостью в условиях массового производства.

Как было установлено исследованиями, выполненными в НАМИ, структура материала для монометаллических гильз цилиндров должна быть такой: графит — пластинчатый, преимущественно равномерного и неравномерного распределения, с пластинами длиной 50—150 мкм; металлическая основа — перлит тонкопластинчатый и сорбитообразный, эвтектические карбиды или фосфидная эвтектика с карбидами, объемная доля которых составляет 0,04—0,10 (4—10%); твердость выше HB 200, а прочность — не ниже прочности серого чугуна СЧ 21-40.

На первом этапе работы по выбору материала исследовали хромистый чугун (2% Cr) с карбидами в структуре [1]. Было показано, что гильзы из этого чугуна обладают износостойкостью, в 1,5 раза превышающей износостойкость серийных гильз с нирезистовыми вставками, а также отмечено снижение износа поршневых колец. Вместе с тем выявились и некоторые технологические недостатки этого сплава — повышенная твердость заготовок гильз, полученных методом центробежного литья (по технологии Костромского завода «Мотордеталь»), что потребовало применения отжига для снижения твердости и улучшения обрабатываемости.

В связи с этим дальнейшее исследование было направлено на изыскание износостойкого сплава среди более технологичных чугунов, легированных до 1,0% Cr и до 0,5% P (например, чугун, содержащий 3,0—3,8% C, 1,5—3,0% Si, 0,5—0,8% Mn, 0,3—1,5% Cr, 0,2—0,5% P, 0,5—0,8% Cu).

Кроме того, для сравнительной оценки структуры и некоторых свойств испытывали перлитный серый чугун и нирезист, применяемые для изготовления гильз цилиндров со вставками; изучали влияние углерода, фосфора, хрома, кремния, а также дополнительного легирования добавками ванадия до 0,3%, бора до 0,06% и титана до 0,5% на структуру чугуна, механические свойства и износостойкость отливки.

На основе проведенных исследований для изготовления монометаллических гильз цилиндров двигателей ЗМЗ был разработан хромофосфоробористый чугун ИЧГ-ЗЗМ (рис. 1), особенностью структуры которого является наличие фосфидной эвтектики с включениями карбидов.

На свойства фосфидной эвтектики значительное влияние оказывают хром, фосфор, бор и кремний.

Влияние хрома на структуру и количество фосфидной эвтектики в чугуне показано на рис. 2. Как видно из рисунка, заметное увеличение фосфидной эвтектики (ФЭ) в чугуне происходит при содержании 0,4% Cr и более. Так, если при содержании 0,07% Cr в структуре объемная доля эвтектики составляла 0,02 (2%), то после увеличения концентрации хрома до 0,8% ее доля увеличилась до 0,05 (5%). При концентрации до 0,6% Cr фосфидная эвтектика состоит из точечных участков, но повышение концентрации хрома приводит к появлению в полях эвтектики цементитных пластин. Однако при содержании хрома более 0,8—1,0% пластинки графита измельчаются и образуется значительное количество графита междендритного распределения.

Ванадий стабилизирует перлит, измельчает карбиды, увеличивает прочность и износостойкость чугуна; он концентрируется в основном в фосфидной эвтектике и способствует образованию комплексных карбидов в приграничных участках фосфидной эвтектики [2].

Влияние легирования на структуру фосфидной эвтектики следует рассматривать в зависимости от концентрации кремния в чугуне. При содержании кремния более 2,5% заметно уменьшается количество цементитных пластин в участках фосфидной эвтектики. Так, в чугуне, легированном 0,8—1,0% Cr, при содержании 2,2—2,4% Si структура эвтектики состоит из мелких точечных включений и цементитных пластин. С увеличением концентрации кремния до 3,0—3,2% цементитные пластины в структуре эвтектики не наблюдаются.

Положительное влияние бора на износостойкость чугуна проявляется при его содержании более 0,01%; при меньших концентрациях бор оказывает графитизирующее действие. В фосфористом чугуне бор повышает твердость фосфидной эвтектики, в которой наряду с мелкими зёрнами феррита и цементита на фоне фосфида железа образуются поля или пластины легированных бором карбидов [3], обладающих высокой твердостью. При содержании в чугуне 0,04—0,06% В твердость эвтектики HV 800—900; твердость фосфидной эвтектики в нелегированных фосфористых чугунах HV 580—600.

Исследования показали, также, что структура фосфидной



Рис. 1. Микроструктура хромофосфоробористого чугуна: а — с графитом, $\times 100$; б — с металлической основой, $\times 250$

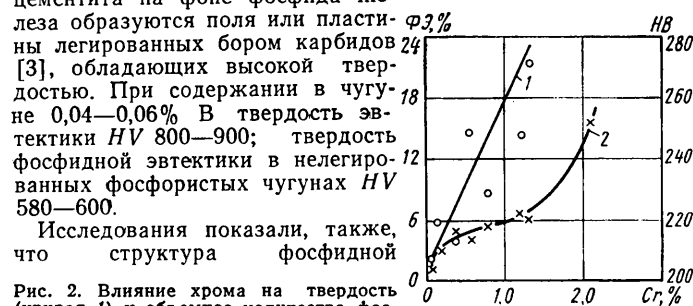


Рис. 2. Влияние хрома на твердость (кривая 1) и объемное количество фосфидной эвтектики (кривая 2) в чугуне

Содержание фосфора в чугуне гильз цилиндров, %	Микроструктура металлической основы (объемная доля, %)	Твердость НВ	Износ в мкм/1000 км	
			гильз	верхних компрессионных поршневых колец
0,27	Перлит и фосфидная эвтектика (3—5)	217—229	0,40	3,8
0,44	Перлит и фосфидная эвтектика (4—7)	223—241	0,43	11,8
0,55	Перлит и фосфидная эвтектика (5—6)	229—235	0,34	9,7

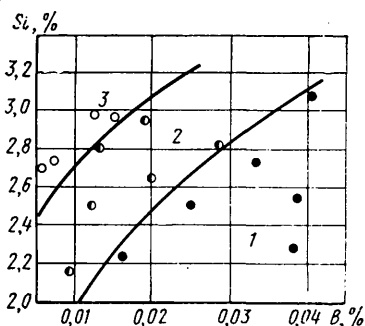


Рис. 3. Структурная диаграмма распределения фосфидной эвтектики ФЭ в отливках со стенками толщиной 12 мм в зависимости от содержания бора и кремния в чугунах:
1 — область чугунов, в структуре которых карбиды выделяются во всех участках фосфидной эвтектики; 2 — область частичного выделения карбидных включений, примерно в 20—50% участков фосфидной эвтектики; 3 — область чугунов, в структуре фосфидной эвтектики которых нет карбидов

эвтектики в значительной степени зависит от соотношения между содержанием бора и кремния в чугуне.

На рис. 3 приведена схематизированная структурная диаграмма для отливок со стенкой 12—15 мм, построенная на основе данных микроскопического анализа. На диаграмме выделены три области возможных структур фосфидной эвтектики в зависимости от содержания бора и кремния в чугуне.

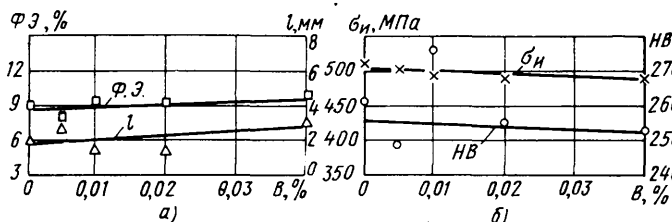


Рис. 4. Влияние бора на количество фосфидной эвтектики ФЭ (а) и твердость чугуна (б)

Бористый чугун отличается от хромистого меньшей чувствительностью к скорости охлаждения. Как видно из рис. 4, изменение концентрации бора в чугуне в пределах 0—0,04% практически не сказывается на чувствительности чугуна к отбелу. Поэтому часть хрома в хромофосфористом чугуне была заменена бором (0,01—0,03%).

Сочетание в чугуне 0,5—0,6% Сг с 0,01—0,0025% В обеспечивает получение структуры металлической основы чугуна, обладающей высокой износостойкостью.

В табл. 1 приведены сравнительные характеристики хромофосфористого и других типов чугунов, применяемых для изготовления гильз цилиндров двигателей. Методика оценки износостойкости и коррозионной устойчивости описана в работе [11].

Таблица 1

Чугун	Твердость НВ, кгс/мм ²	Прочность при изгибе σ _и , МПа	Прочность на разрыв σ _в , МПа	Коэффициент линейного расширения α · 10 ⁻⁶ , мм/мм · град	Относительные		
					износостойкость	коррозионная устойчивость	трудоемкость механической обработки
Перлитный серый	190	46	21	11,0	1,0	1,0	1,0
Нирезист	160	—	—	18,7	1,5	50	1,05
ИЧГ-33М	235	49	23	11,7	1,85	1,30	1,15
Фосфористый (0,5% Р)	241	42	18	11,4	1,8	0,9	1,20

В процессе доводки химического состава хромофосфористого чугуна и исследования влияния его структуры на износостойкость отливок было обнаружено отрицательное влияние повышенных (более 0,4%) концентраций фосфора на износ сопряженных (с фосфористым чугуном) элементов пары трения.

Так, после испытания в двигателе ЗМЗ-24 гильз цилиндров из чугуна ИЧГ-33М с различной концентрацией фосфора (0,27; 0,44; 0,55%) установлено заметное увеличение (в 2,5—3 раза) износа поршневых колец при содержании более 0,4% Р (табл. 2).

Отрицательное влияние фосфора на антифрикционные свойства чугуна отражает коэффициент трения, величина которого возрастает по мере повышения содержания фосфора в сплаве

(рис. 5,а). Фосфор ухудшает также теплопроводность чугуна (рис. 5,б).

Испытания монометаллических гильз цилиндров из хромофосфористого чугуна с целью оценки противозадирных и противозносных свойств проводились на двигателях ЗМЗ-24, ЗМЗ-53 и их модификациях, а также на двигателях автомобиля ГАЗ-51. Кроме гильз из чугуна ИЧГ-33М, устанавливали гильзы с нирезистовыми вставками. Несколько двигателей были оснащены монометаллическими гильзами из серого чугуна СЧ 24-44. Заготовки гильз из чугуна ИЧГ-33М и серого чугуна СЧ 24-44 были получены на Костромском заводе «Мотордеталь». Их окончательная обработка и сборка двигателя производилась на Заволжском моторном заводе им. 50-летия СССР в условиях серийного производства.

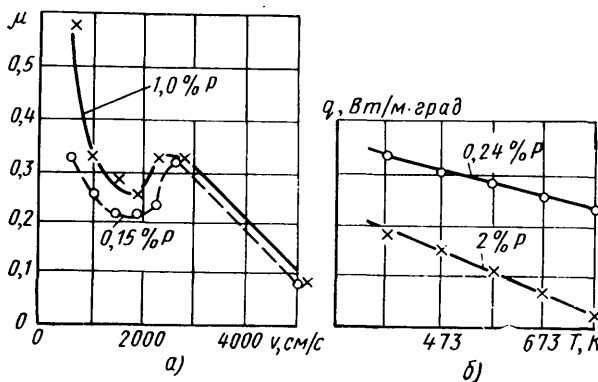


Рис. 5. Влияние фосфора на коэффициент трения (а) и теплопроводность (б) чугуна [4]

На первом этапе испытания проводились по ГОСТ 1488—69 (десять двигателей) и по методике ускоренных (с подачей во впускной тракт кварцевой пыли) стендовых и полигонных испытаний (три двигателя). Второй этап включал дорожные испытания в различных условиях эксплуатации автомобилей (11 двигателей).

Обобщенные результаты этих испытаний (удельные износы цилиндров и поршневых колец двигателей ЗМЗ-24, ЗМЗ-53 и ГАЗ-51) приведены в табл. 3, в которой для сравнения представлены также данные об износе монометаллических гильз цилиндров из серого чугуна СЧ 24-44.

Из анализа результатов дорожных испытаний в различных условиях эксплуатации двигателей ЗМЗ-24, ЗМЗ-53 и ГАЗ-51 следует, что износ монометаллических гильз цилиндров из хромофосфористого чугуна меньше износа гильз с нирезистовыми вставками и монометаллических гильз из серого чугуна СЧ 24-44. Износ поршневых колец, работавших в паре с монометаллическими гильзами из чугуна ИЧГ-33М, практически такой же, как и износ колец в гильзах с нирезистовыми вставками.

Из рис. 6 видно, что чугун ИЧГ-33М по сравнению с нирезистом имеет лучшие показатели в сравнительно тяжелых условиях эксплуатации, когда возрастает абсолютная величина износа гильз (в этом случае износостойкость цилиндров возрастает в 1,6—2 раза).

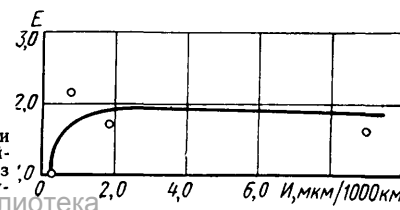


Рис. 6. Удельный износ I и относительная износостойкость E гильз цилиндров из хромофосфористого чугуна

Модель двигателя	Марка материала опытных гильз	Число двигателей	Пробег автомобилей, тыс. км	Средний удельный износ гильз**, мкм/1000 км.		Средний удельный износ колец по тепловому зазору, мкм/1000 км	
				серийных	опытных	в серийных гильзах	в опытных гильзах
ЗМЗ-24	ИЧГ-33М	3	95,6—189,8	0,31(1,0)	0,32(1,02)	3,65(1,0)	3,80(1,01)
ЗМЗ-24	ИЧГ-33М	2	246,6—281,7	1,65(1,0)	0,78(0,48)	—	—
ЗМЗ-53	ИЧГ-33М	1	10,4—10,8*	15,0(1,0)	9,1(0,61)	40,5(1,0)***	39,7(0,98)***
ГАЗ-51	ИЧГ-33М	2	73—84,2	3,3(1,0)	1,9(0,58)	—	—
ЗМЗ-24	Серый чугун СЧ24-44	3	72—198	0,5(1,0)	1,05(2,0)	9,6(1,0)	27,2(2,8)

* Испытания с подачей кварцевой пыли во впускной тракт.

** В скобках указаны относительные износы (износ серийных гильз принят за 1,0).

*** Износ по радиальной толщине.

Положительные результаты испытаний гильз цилиндров из хромофосфоробористого чугуна позволили провести промышленное их опробование на Костромском заводе «Мотордеталь» с целью отработки технологии литья и механической обработки.

В основу технологии положен способ центробежной отливки заготовок гильз на специальных машинах карусельного типа. Эти машины — двухместные, на каждой из них одновременно получают по две полые отливки.

Плавка осуществляется дуплекс-процессом в индукционных печах промышленной частоты вместимостью 22 т и миксере вместимостью 45 т с индуктором канального типа. Металл заливается в изложницы с тонким (1,5 мм) теплоизоляционным покрытием.

Для этого миксеры-дозаторы оборудовали специальным автоматическим устройством для подачи дробленого ферросилиция в струю металла.

Таким образом, качество отливок гильз зависит не только от химического состава чугуна, но и от режима «позднего» модифицирования и температуры оснастки, на которую влияет ритм работы карусельно-кокильной машины и режим охлаждения изложниц водой.

При отработке процесса плавки чугуна и отливки заготовок изучали влияние температуры перегрева расплава, режима обработки расплава карбуризаторами и ферросилицием, продолжительности выдержки металла в печи и других факторов на структуру и свойства заготовок гильз. В результате этого были установлены оптимальная температура заливки изложниц (1663—1693 К) и режим «позднего» модифицирования расплава (масса ферросилиция ФС-75 равна 0,3—0,5% массы жидкого металла).

Кроме этого, было установлено, что в сечении, соответствующем рабочей поверхности гильзы, структура чугуна состоит из пластинчатого графита, преимущественно равномерного и неравномерного распределения, с пластинами длиной 70—180 мкм. В нижней части заготовки встречаются включения графита розеточного распределения. Металлическая основа чугуна состоит из тонкопластинчатого и сорбитообразного перлита и фосфидной эвтектики с включениями карбидов в виде тонких пластин. Объемная доля фосфидной эвтектики находится в пределах 3—6%.

Структура фосфидной эвтектики зависит в значительной степени от скорости охлаждения отливок и содержания бора в чугуне. Так, на наружной поверхности отливки и прилегающих к ней слоях, кристаллизующихся в условиях повышенных скоростей охлаждения, фосфидная эвтектика имеет четко выраженное сетчатое распределение, а на внутренней поверхности и в сечении, соответствующем рабочей поверхности гильзы, когда формирование этой части отливки происходит при умеренной скорости охлаждения, ее структура зависит от содержания бора в чугуне (рис 8). При сравнительно низкой концентрации бора (0,008—0,012%) отмечены лишь отдельные редкие включения карбидов; при концентрации бора 0,02% карбиды присутствуют примерно на 20—60% участках фосфидной эвтектики, а при 0,03% и более — практически на всех ее участках отмечены тонкие пластинки карбидов.

Чугун ИЧГ-33М в отливках гильз производственных плавков имеет $\sigma_B = 210 \div 250$ МПа, $HB = 217 \div 241$.

Опыт работы Костромского завода «Мотордеталь» и Заволжского моторного завода им. 50-летия СССР показал, что переход на изготовление монометаллических гильз цилиндров для двигателей ЗМЗ-53 не потребовал изменения технологии литья, принятой ранее при изготовлении гильз из чугуна СЧ 24-44. Необходим только более тщательный контроль микро-структуры и твердости отливок.

Монометаллические гильзы исключают необходимость отливки и механической обработки вставок, расточки посадочных мест под них и их запрессовки в гильзы. Механическая обработка гильз из чугуна ИЧГ-33М осуществляется по тому же технологическому процессу и на том же оборудовании, что и гильз из серого чугуна. Однако трудоемкость механической обработки гильз увеличивается (из-за разной обрабатываемости чугунов

свойств структура графита и металлической основы. Однако наличие в наружных слоях заготовки мелкопластинчатого графита (особенно при его междендритном распределении) приводит к повышению твердости (до $HB 241 \div 269$) и некоторому ухудшению обрабатываемости гильз при резании.

Улучшение структуры и снижение твердости наружных слоев заготовок достигнуты за счет применения так называемого «позднего» модифицирования расплава ферросилицием ФС-75 при заполнении металлом заливочного ковша карусельно-кокильной машины.

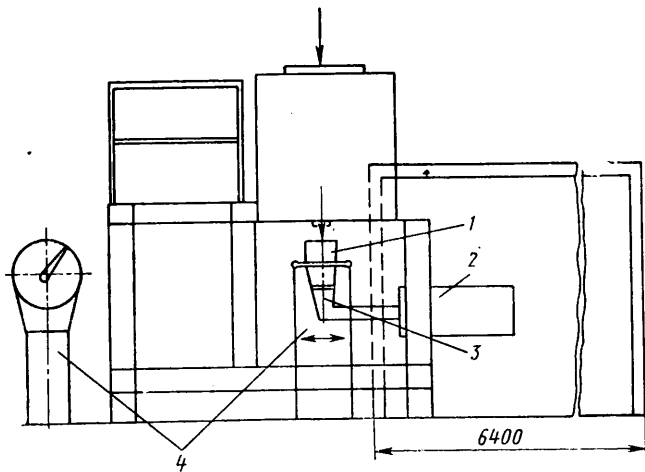


Рис. 7. Схема заливки металла в миксер-дозатор карусельно-кокильной машины:

1 — ковш; 2 — кокиль; 3 — желоб; 4 — весы

Заливочное устройство (рис. 7) карусельно-кокильной машины включает миксер-дозатор вместимостью 2,5 т для подпрева металла и раздаточно-заливочный ковш вместимостью 30 кг.

Выдача металла из миксера-дозатора происходит с помощью специального устройства, оборудованного двумя стопорами пневматического управления для одновременной заливки металла в два ковша центробежной машины.

Карусельная машина имеет 11 комплектов металлических вращающихся изложниц (по две изложницы в каждом комплекте). Специфическая особенность такой технологии литья — неравномерное распределение структуры чугуна по сечению отливки. С наружной ее стороны (со стороны изложницы) на глубине до 7 мм — графит мелкопластинчатый, розеточного и междендритного распределения, металлическая основа состоит из сорбитообразного перлита и фосфидной эвтектики сетчатого распределения. С внутренней стороны, на глубине до 6 мм, графит пластинчатый (равномерного и неравномерного распределения, длина его пластин 50—180 мкм), тонкопластинчатый перлит и фосфидная эвтектика равномерного и сетчатого распределения.

Такая неравномерность распределения структуры чугуна ИЧГ-33М по толщине отливок не ухудшает рабочих характеристик гильз цилиндров, так как в сечении заготовки, соответствующем рабочей поверхности, формируется благоприятная с точки зрения прочностных свойств структура чугуна.

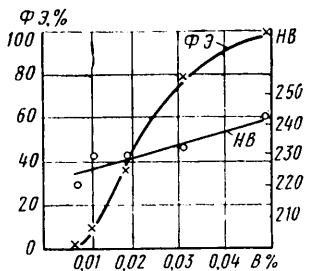


Рис. 8. Влияние бора на структуру и количество пластинчатого графита с карбидными пластинками

ИЧГ-33М и СЧ 24-44) на 15—20%, что примерно соответствует увеличению трудоемкости механической обработки и потерь в производстве комбинированных гильз за счет применения нирезистовой вставки.

Таким образом, применение для двигателей ЗМЗ монометаллических гильз цилиндров из хромофосфористого чугуна вместо гильз с нирезистовыми вставками обеспечивает значительный экономический эффект за счет повышения надежности и долговечности двигателей, снижения их себестоимости и упрощения технологии производства.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Монометаллические гильзы цилиндров из износостойкого хромистого чугуна / М. М. Левитан, В. А. Черняйкин, И. В. Мартемьянов, П. Э. Сыркин. — Автомобильная промышленность, 1978, № 6, с. 31—34.
2. Angus H. T. — *Scira Journal*, 1962, vol. 10, № 1, p. 80—85.
3. Койфман И. С., Егоршина Т. В. Рентгеноструктурный анализ борцементита. — *Металловедение и термическая обработка металлов*, 1969, № 2, с. 18—20.
4. Eyre T. S. — *Wear*, 1973, vol. 24, № 3, p. 337.

УДК 629.113—036.5:628.517.2

Многослойный шумоизолирующий материал с объемной основой из синтетических волокон

Канд. физ.-мат. наук В. А. БЫКОВ, канд. техн. наук Т. В. ПОНОМАРЕВА, канд. хим. наук А. Д. ШУЛЯК, Г. Г. ШЕРСТНЕВА, Л. К. СОЛОВЬЕВА

НИИАТМ

В НАСТОЯЩЕЕ время для снижения уровня шумов в автомобилях широко применяются многослойные материалы, состоящие из тяжелого полимерного или битумного слоя толщиной 2—4 мм и объемного волокнистого материала из хлопковых очесов. Один из таких материалов, имеющий повышенные акустические свойства (А. с. 794658, СССР), создан в НИИАТМе.

Объемная основа его состоит из волокон, обладающих достаточной биостойкостью и сравнительно низкой себестоимостью.

В качестве сырья были выбраны вторичные синтетические волокна — капропласт (ТУ 637816—75) и восстановленная шерсть (ГОСТ 10376—77). Объемная основа изготавливалась из различных смесей этих волокон иглопробивным способом.

Как установлено, в процессе наработки и испытания опытных образцов, оптимальными свойствами обладает объемная основа (Проксинт-1200), состоящая из 50% капропласта и 50% шерсти. Масса 1 м² этого материала 1200 г, ширина 170 см, толщина 9,0 мм, прочность на разрыв полоски размером 500×100 мм в обоих направлениях — 300 Н, скорость горения — 50 мм/мин, теплопроводность 0,046 Вт/(м·К). Значения коэффициента звукопоглощения приведены ниже:

Коэффициент звукопоглощения, %	6	12	13	19	25	30	35	40	50
Частота, Гц	200	300	400	630	800	1000	1400	1800	2000

Новый материал склеивали клеем ПВС с битумным материалом, армированным с одной стороны полиэтиленовой пленкой, а с другой — бумагой.

Из полученного многослойного материала были вырублены детали для пола кабины автомобиля КамАЗ-5320 и проведены испытания, в результате которых установлены следующие физико-механические и акустические показатели: толщина 9,0 мм; разрывная нагрузка 150—200 Н; теплопроводность 0,032 Вт/(м·К); вибродемпфирование 150 дБ/с; скорость горения 50 мм/мин (неогнеопасен).

Ниже приведены данные, характеризующие способность к звукоизоляции многослойного материала:

Способность к звукоизоляции, дБ	2	13	20	27	33	40
Частота, Гц	500	1000	1500	2000	4000	600

Многослойный материал имеет способность к вибродемпфированию 150 дБ/с, что на 40 дБ/с выше, чем у серийного с объемной основой из хлопковых очесов (110 дБ/с). Лабораторные испытания материала на биостойкость также показали преимущества разработанного материала по сравнению с серийным (0 баллов против 3). Кроме этого, разрывная нагрузка разработанного материала выше (150—200 Н вместо 100 Н).

Акустические испытания кабин автомобилей КамАЗ-5320, которые были отделаны новым материалом, на режиме разгона показали, что при установке нового материала на пол общий уровень шума в кабине составляет 80,5 дБ (А). Это на 4,5 дБ (А) ниже, чем предусмотрено ГОСТ 19358—74.

На новый материал разработаны технические условия ТУ 38 105674—80.

ИНФОРМАЦИЯ

УКРЕПЛЕНИЕ деловых, творческих связей молодых ученых с молодыми производственниками — одно из средств ускоренного внедрения в производство разработок, созданных в НИИ и КБ. Об этом свидетельствует, в частности, экспозиция Центральной выставки научно-технического творчества молодежи (НТТМ-80), где были показаны работы молодых ученых и специалистов. Многие из этих работ выполнены на уровне изобретений, за что их авторы были удостоены высоких наград ВДНХ СССР.

Так, за разработку и внедрение в производство полуавтомата мод. 5068, предназначенного для сборки задней крышки топливного насоса высокого давления двигателя КамАЗ, золотой медалью ВДНХ награжден заведующий сектором НИИТавтопрома Б. В. Гусаков, серебряной — заведующий лабораторией Ю. В. Овсянников, бронзовой —

ми — старший научный сотрудник А. И. Золотухин и инженер А. П. Шпак.

Полуавтомат интересен тем, что на его станине закреплены приспособление для одновременного зажима изделия и запрессовки подшипника, головки для заворачивания пробок и шпилек, механизмы ориентации и подачи шпилек, а также вибробункер.

Его производительность (при 75%-ной загрузке) — 130 крышек в час, автоматический цикл заворачивания шпилек и пробок 11 с, усилие запрессовки подшипника 4 кН, расчетный крутящий момент при заворачивании шпилек 20 Н·м, при заворачивании пробки М16×1,5—6,5 Н·м, при заворачивании пробки М20×1,5—20 Н·м. Габаритные размеры полуавтомата 1210×950×1810 мм, масса — 1150 кг. Полуавтомат мод. 5068 внедрен на Ярославском заводе

НА ВДНХ СССР

УДК 061.4:629.113.002.(47):331.876.6

ОНИ НАГРАЖДЕНЫ МЕДАЛЯМИ ВДНХ

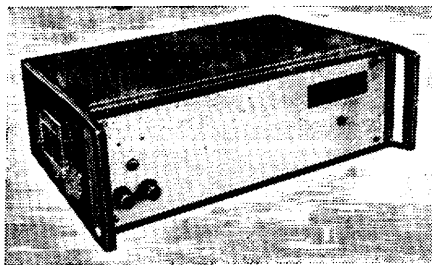


Рис. 1

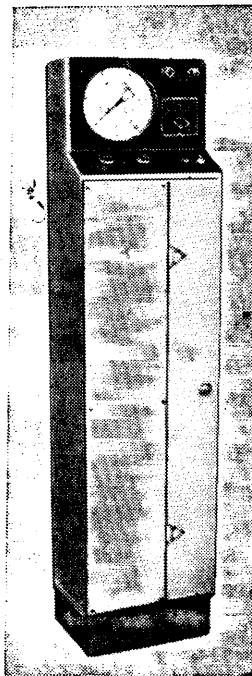


Рис. 2

дизельной аппаратуры, экономический эффект от его внедрения составил 57 тыс. руб. в год.

За разработку технологического процесса удаления заусенцев с деталей термознергетическим способом инженер Н. Б. Розанова награждена серебряной медалью ВДНХ, а инженер Р. А. Амлинский награжден бронзовой. При этом способе удаление заусенцев происходит под действием тепловой (температура ~3270 К) и ударной волн, возникающих во время детонационного горения смеси кислорода и водорода или кислорода и природного газа. Его целесообразно применять при обработке деталей сложной конфигурации, имеющих глубокие пересекающиеся каналы и труднодоступные внутренние полости (например, деталей карбюратора, корпуса замков зажигания, храповиков корпусных деталей, деталей типа жиклеров и др.).

За разработку системы турбонаддува дизеля КамАЗ-740Н золотой медалью награжден старший научный сотрудник НАМИ Э. В. Аболтин, инженеры Г. Г. Тер-Мкртчян, И. В. Евпрев и С. А. Анцифиров — бронзовыми медалями.

Система отличается от аналогичных систем узлом подшипников с плавающей втулкой, выполняющей функции опорного и упорного подшипников одновременно. При этом обеспечивается повышение мощности двигателя и снижение удельного расхода топлива.

За разработку унифицированной передней и задней подвесок, предназначенных для автобусов особо малого класса типа РАФ золотой медалью ВДНХ награжден заведующий лабораторией НАМИ В. А. Миронов, серебряной медалью — инженер А. П. Миронов, бронзовыми медалями — А. М. Малахов, С. В. Радовский и Е. В. Носов.

Новые подвески по сравнению с применяемыми в настоящее время имеют в 5 раз больший ресурс и лучшие показатели по устойчивости и управляемости. Тип подвески — качающаяся свеча, ее отличие от аналогичных устройств — крепление чехла к буферу и верхней опоре. Габаритные размеры подвески 800×700×300 мм, масса 95 кг. Годовой экономический эффект — 1,9 млн. руб.

За разработку и внедрение в производство технологического процесса упрочнения штампового инструмента методом газовой карбидизации серебряной медалью ВДНХ награжден заведующий сектором МКТЭИавтопрома М. С. Краснер, инженеры И. И. Ананченко и Д. Я. Метрик — бронзовыми медалями.

Процесс упрочнения заключается в одновременном насыщении высоколегированных сталей (20X13, 40X13, 5X3BM10,

4X5MΦС и т. д.) углеродом и азотом при температуре (1170—1270 К, осуществляется в газовых атмосферах на стандартном цементационном оборудовании. При этом полная глубина диффузионного слоя составляет 2—3 мм, поверхностная твердость 66—69 HRC, поверхностная концентрация углерода 2—6%.

За разработку и внедрение в производство упаковочной антикоррозионной полимерной пленки (эктилен) золотой медалью ВДНХ награжден ведущий инженер О. Н. Копыл (ЭКТИавтопром). Пленка предназначена для одновременной консервации и упаковки металлопродукции различными методами (экструзией, термовакуумформованием и герметичным чехлением в сварные пакеты). Она обеспечивает защиту цветных и черных металлов, различных сплавов от коррозии в течение пяти лет.

За разработку универсальной моющей композиции УМК-2 (УМК-3), предназначенной для мойки и межоперационной защиты деталей из черных и цветных металлов серебряной медалью ВДНХ награжден заведующий сектором ЭКТИавтопрома А. В. Галкин, а бронзовой — В. Т. Процишина.

Состав обладает высоким моющим действием по отношению к маслам, технологическим и консервационным смазкам, полировальным и доводочным пастам, обеспечивает высокие антикоррозионные свойства и низкое пенообразование. Он внедрен на ряде предприятий отрасли.

За разработку конструкции изготовление и внедрение в производство автооператора АУСМ-01-У4 (рис. 1), предназначенного для управления многоэлектродными сварочными машинами в автоматизированных линиях сварки, бронзовыми медалями ВДНХ награждены заведующий сектором Запорожского проектно-конструкторского и технологического института В. Н. Корпук и конструктор В. П. Гайворонская.

Автооператор обеспечивает заданную очередность включения сварочных контактных машин, учет готовых изделий, а также не допускает одновременного включения сварочных машин, если потребляемая мощность превышает мощность источника питания. Элементная база — интегральные микросхемы, напряжение источника питания — 220 В, число входов и выходов 16, входные сигналы — позиционные, напряжение 12—24 В, обслуживание — циклическое.

За разработку конструкции и внедрение в производство устройства (рис. 2) для контроля и доводки давления в шинах колес серебряной медалью ВДНХ награжден заведующий сектором Рижского специализированного конструкторского проектно-технологического бюро по диагностике автомобилей В. Г. Макаров, а бронзовыми медалями — инженеры М. Г. Динер и О. В. Изюмов.

Устройство выполнено в виде стойки, разделенной на две части: в одной из них (левой) расположены пневмопанель с тремя электропневматическими клапанами и сигнализатором давления и блок автоматики, который управляет работой клапанов, во второй — уложен шланг с быстрозъемным наконечником. В верхней части стойки находится панель управления, на которой смонтирован манометр, а также органы контроля и управления.

Электропневматические клапаны устройства обеспечивают подключение манометра к шине автомобиля для контроля и измерения давления, наработку воздуха в шину от пневмосети или компрессора, выпуск воздуха из шины в атмосферу. Интервалы времени каждого впуска (выпуска) воздуха в шину (из шины) устанавливаются пропорционально разности давлений между заданным и измеряемым в шине.

На большинство из перечисленных выше изобретений получены авторские свидетельства.

В. Б. ПАУТОВА

УДК 061.4:629.113.002(47):331.876.6

СОВЕТСКИЕ АВТОМОБИЛЕСТРОИТЕЛИ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ ИЗОБРЕТАТЕЛЕЙ И РАЦИОНАЛИЗАТОРОВ

В СЕНТЯБРЕ 1981 г. на ВДНХ СССР проходила выставка «Достижения изобретателей и рационализаторов социалистических стран в области машиностроения», в которой приняли участие новаторы машиностроительных предприятий СССР, ВНР, ГДР, СРР, ЧССР. Экспозиция советского раздела на выставке была крупнейшей. В создании

десяти разделов приняли участие свыше 200 научно-исследовательских институтов, предприятий и организаций, которые представили около 300 экспонатов, отразивших передовой опыт по организации изобретательской и патентно-лицензионной работы. Значительная часть этих работ — из области автомобилестроения, станкостроения и приборостроения.

Большой интерес со стороны посетителей выставки был проявлен ко многим экспонатам раздела «Автомобилестроение», выполненным сотрудниками научно-исследовательских организаций (НАМИ, НИИТавтопрома и др.), а также производственных объединений (ЗИЛ, АЗЛК и др.). Одним из таких экспонатов стала гидромеханическая

передача для городских автобусов ИКАРУС-260, ИКАРУС-280 и ЛАЗ-4202 с дизелями, разработанная в НАМИ. Ее применение существенно облегчает труд водителя, повышает безопасность движения, в 1,5—2 раза увеличивает долговечность агрегатов трансмиссии и двигателя, в 4—7 раз — срок службы тормозных прокладок. В конструкции ГМП использовано 11 изобретений. Применение передачи, изготовляемой в г. Львове, дает экономический эффект 1,9 млн. руб. в год.

Здесь же демонстрировался антифрикционный материал АГ-НАМИ на основе графита, разработанный НАМИ совместно с АЗЛК и предназначенный для подшипников скольжения, которые работают в условиях сухого трения (в частности в подшипниках выключения муфт сцепления автомобиля). Плотность этого материала 2,0 г/см³, предел прочности на сжатие 100—120 МПа, допустимая рабочая температура 470 К. Он может работать в паре с остальными, чугунными и металлокерамическими контроллерами, имеющими шлифованную поверхность. Детали из него изготовляют горячим прессованием; они не требуют дальнейшей механической обработки и очень долговечны; например, подшипники выключения муфт сцепления не нуждаются в техническом обслуживании, их не нужно менять или ремонтировать на протяжении всего срока службы автомобиля.

Многих специалистов заинтересовал фильтрующий элемент НАМИ-ВГ-10, предназначенный для очистки масла в двигателях автомобилей ГАЗ и АЗЛК. И это понятно. Тонкость отсева загрязнителей этим фильтрующим элементом составляет всего 45 мкм, и в течение всего срока службы изменяется незначительно. Эксплуатационный ресурс фильтрующего элемента на автомобиле ГАЗ-24 равен 37 тыс. км. Кроме этого, он сравнительно дешев, поэтому годовой экономический эффект от его применения на предприятиях Минавтотранса составил 0,6 млн. руб.

На выставке демонстрировался также созданный специалистами НАМИ и производственного объединения «АвтоАЗ» унифицированный электровacuумный привод сцепления (ЭПС), позволяющий автоматизировать работу серийного frictionного сцепления легковых автомобилей рабочим объемом двигателя 1000—2500 см³. Этот привод существенно упрощает и облегчает управление автомобилем, повышает безопасность движения. ЭПС содержит только навесные узлы, которые можно располагать в любом удобном для этой цели месте автомобиля, при этом изменения конструкции его серийных агрегатов не требуется. Иными словами, ЭПС можно устанавливать не только при выпуске автомобиля с завода-изготовителя, но и в любой период его эксплуатации.

Технические решения, реализованные в ЭПС, защищены авторскими свидетельствами СССР, на них выданы патенты в США, Великобритании, Франции.

Специалистами НАМИ, ЗИЛа, Шадринского автоагрегатного завода и НИИавтоприборов разработан показанный на выставке жидкостный подогреватель ПЖД-30, предназначенный для предпускового подогрева двигателей автомобилей КамАЗ, УралАЗ и ЗИЛ в холодное время года.

В конструкции подогревателя использован ряд новых технических решений,

защищенных авторскими свидетельствами. Подогреватель ПЖД-30, если его сравнить с серийным подогревателем ПЖД-44, имеет более высокую эффективность и меньший (в среднем на 12%) расход топлива, меньшие затраты времени и энергии на приведение в действие [при температуре окружающего воздуха 243 К (—40°C) двигатель начинает работать через 70 с; ток, потребляемый свечой, равен 6А], более высокую стабильность и надежность работы в условиях изменяющихся температур окружающего воздуха.

НАМИ демонстрировал еще одно изобретение — уплотнение торцевого типа для жидкостных насосов, запатентованное в Италии, США, Великобритании. Представляет интерес форма его рабочей поверхности, благодаря которой при изготовлении уплотнения исключаются такие трудоемкие операции, как шлифование и притирка.

Значительную часть раздела занимали экспонаты НИИТавтопрома. Один из них — стан мод. 2108 для холодного калибрования зубьев ведомых конических зубчатых колес автомобилей, при помощи которого удается исключить чистовое зубонарезание. Калибрование зубьев осуществляется на зубокалибровочном автомате, а их шлифование — на специальном зубошлифовальном станке мод. 1538. Производительность зубокалибровочного автомата — до 100 шт/ч, диаметр калибруемого колеса — до 340 мм.

Новый технологический процесс позволяет в 20 раз повысить производительность обработки зубьев (по сравнению с чистовым зубонарезанием), высвободить 16 зуборезных станков и значительные производственные площади, получить точность зубчатой передачи 6—7-й степени по СТ СЭВ 186—75, биение зубчатого колеса 0,03 мм, стабильный контакт по зацеплению и шероховатость боковых поверхностей зубьев 0,4—0,8 мкм.

В НИИТавтопроме разработана также технология и создано оборудование для автоматизированного малоотходного производства в сухих стопочных формах точных стальных отливок различной конфигурации и массой до 5 кг. Процесс предусматривает изготовление отливок в виде блоков, получаемых в сухих стопочных формах из специальной терморезактивной смеси на основе огнеупорных зернистых материалов. В качестве шихтовых материалов используются в основном отходы кузнечно-прессового производства. Материалом отливки может быть любой сплав, в том числе высоколегированные стали.

Новый технологический процесс обеспечивает существенное снижение трудоемкости изготовления литейных форм, снижение (по сравнению с литьем во выплавляемым моделям) себестоимости 1 т стальных отливок в 3 раза, экономию металла благодаря высокому выходу годного литья (70% против 25% при литье в сырую землю), экономии проката, высокую размерную точность отливок и низкую шероховатость их поверхности, быструю (в течение нескольких месяцев) окупаемость капитальных вложений, возможность многократной регенерации формовочных материалов.

Среди экспонатов, представленных Московским автозаводом им. И. А. Лихачева — автомат мод. СА-1007 для сборки штока замка двери автомобиля и типовой перенаживаемый автомат мод. СА-1016 для сборки различных ком-

плектов и узлов изделий машиностроения. Производительность первого автомата 750 изделий в час, годовой экономический эффект 2500 руб. Использование в нем пневмовихревых приводов для жестких кинематических связей исключает возможность поломки механизмов автомата при нарушениях сборочного процесса, обеспечивает полную безопасность работы наладчиков.

Второй автомат демонстрировался налаженным на сборку трех разных комплектов: болтов М8 с пружинной шайбой, с пружинной и плоской шайбами, с гайкой. Путем изменения программы работы возможна сборка этих деталей в различных сочетаниях (например, болт с двумя шайбами и гайками и т. п.). Производительность автомата 1800 комплектов в час. Экономический эффект от внедрения 10 тыс. руб. в год.

Снижению расхода топлива и уменьшению загрязненности атмосферы городов и поселков способствуют демонстрировавшиеся на выставке карбюраторы Димитровградского автоагрегатного завода им. 50-летия СССР и Ленинградского карбюраторно-арматурного завода им. Куйбышева. На этих карбюраторах установлены клапаны отключения подачи топлива на режиме принудительного холостого хода, что обеспечивает снижение расхода топлива на 3—7% и уменьшение выброса окиси углерода и углеводородов на 20—40%. Экономический эффект от внедрения клапанов составляет 3,7 млн. руб. в год.

Выставка убедительно показала, что изобретатели и рационализаторы — активисты Всесоюзного общества изобретателей и рационализаторов (ВОИР) — являются активными борцами за ускорение технического прогресса. За годы X пятилетки ими разработано и внедрено более 20 млн. технических новшеств, давших народному хозяйству экономию в сумме 29 млрд. руб.

Под руководством советов ВОИР на предприятиях и в организациях создаются и активно работают общественные творческие объединения, в деятельности которых принимают участие рабочие, инженерно-технические работники, служащие. Насчитывается более 300 тыс. общественных творческих объединений, комплексных бригад, общественных конструкторских и патентных бюро, советов новаторов, объединяющих 1,5 млн. человек. Они разрабатывают и внедряют более 20% изобретений и рационализаторских предложений, используемых в народном хозяйстве страны. Характерной чертой технического творчества в эпоху научно-технической революции является его коллективизм. Это подтверждает и процесс развития изобретательства в СССР. Именно быстрый рост творческих изобретательских коллективов позволил нашей стране выйти в 1978 г. на первое место в мире по количеству созданных изобретений.

Программой работы выставки было предусмотрено проведение национальных дней стран-участниц, а также дней новаторов, в ходе которых изобретатели и рационализаторы социалистических стран обменялись опытом работы, ознакомились с новейшими техническими разработками, продемонстрировали передовые приемы работы непосредственно на рабочих местах.

ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫЕ НОРМЫ ВЫБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ АВТОМОБИЛЯМИ В 1981—1985 гг.

В ЗАКОНЕ СССР «Об охране атмосферного воздуха» отмечается, что советское государство придает большое значение сохранению благоприятного состояния атмосферного воздуха, его восстановлению и улучшению для обеспечения наилучших условий жизни человека. Чтобы ограничить выброс вредных веществ автомобилями, разработаны стандарты, устанавливающие предельно допустимые нормы выброса ими окиси углерода, углеводородов и окислов азота с отработавшими газами.

Фактическое количество вредных веществ, выделяемых автомобилями, в воздухе городских улиц определяется плотностью транспортного потока и количеством токсичных веществ, выбрасываемых каждым автомобилем. Чем больше автомобилей на улицах города, тем ограничения выброса каждым автомобилем должны быть жестче. Удовлетворение норм, естественно, требует определенных материальных затрат в производстве и эксплуатации, а введение чрезмерно жестких норм связано с увеличением расхода топлива. Так, внедрение системы рециркуляции отработавших газов, обеспечивающей существенное уменьшение выброса окислов азота, приводит к увеличению расхода топлива на 2—3%, а применение каталитических нейтрализаторов, уменьшающих выброс вредных веществ, в 8—10 раз, увеличивает расход топлива на 5—6% и возможно только при гарантированной эксплуатации на неэтилированном бензине. Учитывая важность проблемы экономии топлива, у нас в стране нормы принимаются исходя из фактической насыщенности городов автомобилями, необходимости соблюдения санитарных норм и уменьшения суммарного выброса вредных веществ, несмотря на рост автомобильного парка.

Для того, чтобы заводы могли совершенствовать свои автомобили в направлении снижения токсичности, нормы публикуются заблаговременно.

Методика оценки и ограничение выброса вредных веществ автомобилями с карбюраторными двигателями в условиях городского движения были регламентированы в 1975 г. отраслевым стандартом ОСТ 37.001.054—74 «Автомобили и двигатели. Выделение вредных веществ. Нормы и методы определения». В основу стандарта положен европейский испытательный цикл, соответствующий типичным режимам движения автомобиля по улицам современного города. Стандарт распространяется на легковые и грузовые автомобили полной массой от 400 до 3500 кг и на автобусы с числом мест для сидения не более 12. Он предусматривает поэтапное ужесточение предельно допустимых норм выброса вредных веществ. Первое из таких ужесточений было введено с 1 января 1976 г.: по окиси углерода на 16%, по углеводородам на 11%. Кроме того, введены предельно допустимые нормы выброса окислов азота. Второе ужесточение введено с 1 января 1978 г.: по окиси углерода на 37% и по углеводородам на 11%. Эти нормы (табл. 1) будут действовать до 30 сентября 1982 г.

Таблица 1

Контрольная масса автомобиля, кг	Предельно допустимые нормы выделения вредных веществ (г) за испытательный цикл					
	Подготовленный автомобиль	Автомобиль из серии	Подготовленный автомобиль	Автомобиль из серии	Подготовленный автомобиль	Автомобиль из серии
	Окись углерода		Углеводороды		Окислы азота	
От 4000 до 750	50	60	6,0	7,8	8,0	9,6
» 750 » 850	55	66	6,3	8,2	8,3	10,0
» 850 » 1020	59	70	6,5	8,5	8,7	10,5
» 1020 » 1250	67	81	7,1	9,2	9,5	11,4
» 1250 » 1470	76	91	7,6	9,9	10,3	12,6
» 1470 » 1700	85	102	8,1	10,5	11,5	14,0
» 1700 » 1930	93	112	8,6	11,2	12,5	15,0
» 1930 » 2150	102	122	9,1	11,8	13,5	16,2
» 2150	110	132	9,6	12,5	14,5	17,4

С 1 октября 1982 г. предусмотрено дальнейшее ужесточение норм: по окиси углерода на 10%, по углеводородам на 24% и по окислам азота на 19%. Эти нормы введены в стандарт «Изменением 3», утвержденным 1 июня 1981 г. Принятый темп ужесточения обеспечивает равенство этих норм по углеводородам и окислам азота нормам ЕЭК ООН, которые вводятся поправкой 04 к Правилам 15 с 1 октября 1982 г. Нормы по окиси углерода на указанный период будут на 10% более жесткими, чем предусмотренные ЕЭК ООН.

Поправкой 04 к Правилам № 15 ЕЭК ООН предусмотрена оценка токсичности автомобилей по методу испытаний при постоянном объеме (CVS) и обязательное применение концентрации углеводородов (по п-гексану). Предельные выбросы для углеводородов и окислов азота указываются суммарно. У нас в настоящее время на ряде предприятий пользуются установками, позволяющими оценивать токсичность по принятой в СССР и в ЕЭК ООН методике, поэтому новым стандартом на период с 1 октября 1982 г. по 31 декабря 1985 г. разрешено применение как этой методики, так и методики CVS и указаны предельно допустимые нормы для испытаний по действующей методике с применением для определения концентрации углеводородов (по п-гексану) недисперсного инфракрасного газоанализатора (табл. 2) и для испытаний по методике CVS с применением газоанализатора пламенно-ионизационного типа (табл. 3). При определении концентрации углеводородов в отработавших газах двигателя газоанализаторами указанных типов получают различные показатели. Поэтому нормы, приведенные в табл. 2 и 3, по своей абсолютной величине различны, но соответствуют практически одинаковым концентрациям углеводородов в отработавших газах.

Как известно, наряду с оценкой токсичности автомобиля по испытательному циклу предусмотрена упрощенная оценка, определяемая процентное содержание

окиси углерода в отработавших газах при работе двигателя на холостом ходу с минимальной частотой вращения коленчатого вала и с повышенной, равной 0,6 максимальной, установленной предельно допустимой, установленной предельно допустимой.

Такая оценка токсичности получила распространение как благодаря своей простоте, так и потому, что содержание окиси углерода в отработавших газах при работе двигателя на холостом ходу характеризует токсичность автомобиля и при его работе на городских улицах. Порядок оценки токсичности на холостом ходу и предельно допустимые нормы установлены ГОСТ 17.2.2.03—77 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработавших газах автомобилей. Нормы и методы определения». Стандарт распространяется на легковые, грузовые автомобили и автобусы с карбюраторными двигателями и предусматривает их проверку на предприятиях, эксплуатирующих автомобили, при технических осмотрах, техническом обслуживании и ремонте, а при минимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя — и на предприятиях-изготовителях.

В связи с тем, что количество вредных выбросов определяется регулировкой, качеством изготовления и состоянием двигателя и карбюратора, «Изменением

Таблица 2

Контрольная масса автомобиля, кг	Предельно допустимые нормы выброса вредных веществ (г) за испытательный цикл					
	Подготовленный автомобиль	Автомобиль из серии	Подготовленный автомобиль	Автомобиль из серии	Подготовленный автомобиль	Автомобиль из серии
	Окись углерода		Углеводороды		Окислы азота	
Свыше 1020 до 1250	52	62	5,1	6,1	7,0	8,4
» 1250 » 1470	60	72	5,4	6,5	7,7	9,2
» 1470 » 1700	68	82	5,8	6,9	8,5	10,2
» 1700 » 1930	76	91	6,2	7,4	9,1	11,1
» 1930 » 2150	83	100	6,6	7,9	10,1	12,1
» 2150	91	109	7,0	8,4	10,8	13,0
	99	119	7,3	8,8	11,6	13,9

Таблица 3

Контрольная масса автомобиля, кг	Предельно допустимые нормы выброса вредных веществ (г) за испытательный цикл	
	Окись углерода	Суммарно углеводороды и окислы азота
До 1020	52	19,0
Свыше 1020 до 1250	60	20,5
Свыше 1250 до 1470	68	22,0
Свыше 1470 до 1700	76	23,5
Свыше 1700 до 1930	83	25,5
Свыше 1930 до 2150	91	26,5
Свыше 2150	99	28,0

3» в ОСТ 37.001.054—74 внесены разделы, в которых моторным и карбюраторным заводам предписано проводить оценки по циклу и на холостом ходу выпускаемых ими двигателей и карбюраторов. Целью такого контроля является проверка возможности обеспечить нормы по токсичности при окончательной регулировке карбюратора на автомобилях в условиях автозаводов. Число двигателей и карбюраторов, отбираемых для проверки соответствия объемной доли окиси углерода в отработавших газах на режимах холостого хода нормам ГОСТ 17.2.2.03—77, устанавливается предприятием-изготовителем из условия гарантированного соответствия всей продукции указанным нормам. Такая запись в стандарте дает право автозаводу не принимать карбюраторы и двигатели, при установке которых не удастся обеспечить нормы по токсичности при помощи регулировочных элементов системы холостого хода карбюратора. Окончательная регулировка карбюратора (и, если предусмотрено, пломбирование) производится на автозаводе применительно к двигателю и автомобилю, на которых он установлен. В связи с этим «Изменением 3» автозаводам предписан 100%-ный контроль автомобилей по токсичности отработавших газов на холостом ходу, а также на режиме 0,6 максимальной рабочей частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Для оценки и ограничения величины выбросов вредных веществ грузовыми автомобилями полной массой более 3,5 т и автобусов с числом мест для сидения более 12 с 1 июля 1977 г. введен в действие отраслевой стандарт ОСТ 37.001.070—75 «Двигатели бензиновые

грузовых автомобилей и автобусов. Выделение вредных веществ. Методы определения». Стандартом предусматривается оценка токсичности отработавших газов двигателей указанных автомобилей на моторном стенде. В основу стандарта положен испытательный цикл, состоящий из девяти режимов, соответствующих режимам движения грузового автомобиля в условиях крупного города. Испытание состоит из двух циклов прогрева и двух горячих циклов, выполняемых непрерывно один за другим. Концентрация окиси углерода, углекислоты и окислов азота определяется по диаграмме непрерывной записи результатов анализа и рассчитывается в г/кВт·ч.

С 1 января 1983 г. в стандарт вводят предельно допустимые нормы выброса вредных веществ (табл. 4) на XI пятилетку («Изменение 1»).

Проверка соответствия величины удельных выбросов вредных веществ в отработавших газах указанным нормам

Таблица 4

Время действия норм	Предельно допустимые нормы выброса вредных веществ			
	CO, г/кВт·ч	CO ₂ , г/л·с·ч	CH ₄ (NO) _x , г/кВт·ч	CH ₄ (NO) _x , г/л·с·ч
С 1 января 1983 г. до 31 декабря 1984 г.	80	58,8	25	18,4
С 1 января 1985 г.	70	51,5	22	16,2

должна производиться при приемочных испытаниях двигателей грузовых автомобилей полной массой более 3,5 т и автобусов с числом мест для сидения более 12, а также карбюраторов, предназначенных для установки на эти двигатели. При контрольных испытаниях проверка производится по усмотрению предприятия-изготовителя. Число двигателей или карбюраторов, отбираемых для испытаний, определяется предприятием-изготовителем из условия гарантированного соответствия всей продукции установленным нормам.

«Изменением 1» в стандарт внесены правила определения объемной доли окиси углерода в отработавших газах при работе двигателя на режимах холостого хода при минимальной частоте вращения коленчатого вала и при частоте, равной 0,6 максимальной рабочей (по ГОСТ 17.2.2.03—77). Порядок проверки и число автомобилей, двигателей и карбюраторов, отбираемых для проверки, назначаются предприятием-изготовителем из условия гарантированного соответствия всей продукции нормам.

В связи с указанными изменениями стандарту присвоено новое наименование: «Автомобили грузовые и автобусы с двигателями с искровым зажиганием. Выбросы вредных веществ. Нормы и методы определения».

При соблюдении в эксплуатации установленных стандартами норм, суммарный выброс вредных веществ легковыми, грузовыми автомобилями и автобусами с карбюраторными двигателями в XI пятилетке начнет уменьшаться несмотря на рост автомобильного парка.

Канд. техн. наук Б. А. КУРОВ

НОВОСТИ ОТЕЧЕСТВЕННОГО АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ

УДК 621.43-233.133.002.2:621.757:621.791.3

СБОРНО-ПАЯНЫЕ РАСПРЕДЕЛИТЕЛЬНЫЕ ВАЛЫ ДЛЯ ДВИГАТЕЛЕЙ

ПРАКТИКА автомобилестроения [1] показывает, что наиболее высокой износостойкостью и надежностью обладают распределительные валы и толкатели, изготовленные из серого или малолегированного отбеленного серого чугуна. Однако стабильное получение высококачественной отбеленной зоны кулачка по расположению, твердости и структуре достигается при применении сложного технологического процесса. Помимо этого, требуется организация специализированных участков по всему циклу производства, в том числе изготовление точных металлических холодильников для получения качественно отбеленного слоя.

Известные конструкции сборно-сварных распределительных валов и методы их изготовления (Пат. 52-47094, Япония) не позволяют применять для кулачков наиболее износостойкие белые чугуны, так как последние не поддаются соединению сваркой. Однако имеются работы, которые свидетельствуют о возможности создания сборно-паяных конструкций тяжело нагруженных автомобильных деталей (опыт фирмы Рено). Такая конструкция позволяет наиболее рационально использовать различные материалы в зависимости от характера работы отдельных ее элементов,

На ГАЗе детали опытных сборно-распределительных валов для двигателя ГАЗ-3102 были изготовлены из следующих материалов: стержень вала и шестерня привода масляного насоса — из стали 45, опорные шейки — из чугуна СЧ 22—44, кулачки и эксцентрик из чугуна ИЧХ12М. Такой подбор материалов наиболее полно удовлетворяет условиям эксплуатации.

Применение для кулачков и эксцентрика высоколегированного износостойкого чугуна ИЧХ12М, обладающего наиболее высокой износостойкостью и технологичностью [2] оправдано сравнительно небольшим его расходом.

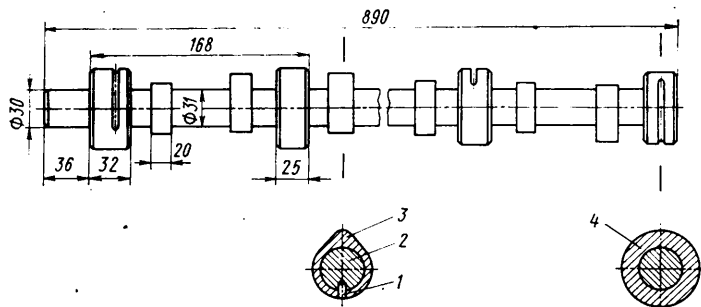
Стержень вала диаметром 26 мм изготавливали по четвертому классу точности (ГОСТ 7417—75) из калиброванной стали 45. Конец стержня проходил электровысадку под опору шестерни. Кулачки и эксцентрик из чугуна ИЧХ12М и опорные шейки из чугуна СЧ 24—44 отливали по второму классу точности (ГОСТ 1855—55), после чего заготовки подвергали отжигу на зернистый перлит (твердость $HRC \geq 33$). После предварительной механической обработки в специальном приспособлении осуществляли сборку деталей вала. Пайка латуной происходила в камерной печи при вертикальном расположении вала в атмосфере эндогаза при температуре

1325 К. Закалка кулачков и эксцентрика проходила при охлаждении вала на воздухе после пайки. Затем вал подвергали отпуску при 473 К в течение 3 ч.

Сборно-паяные распределительные валы испытывали в течение 300 ч на режимах безотказности (ГОСТ 14849—69). Циклы повторяли через 3 ч на следующих режимах: холостой ход 900 мин⁻¹—5 мин, полное открытие дросселя 4500 мин⁻¹—2 ч 50 мин, холостой ход 900 мин⁻¹—5 мин.

После этих испытаний износ носиков кулачков практически отсутствовал, но на некоторых кулачках составлял 10 мкм, а износ опорных шеек — до 5 мкм. Твердость поверхности кулачков HRC 59—61, микроструктура — мартенсит с небольшим количеством остаточного аустенита и карбидов хрома, которые обеспечивают хорошую износостойкость. Сборно-паяный вал работал со стандартными толкателями, наплавленными легированным отбеленным чугуном твердостью HRC 60—62. Микроструктура наплавленного слоя — первичный цементит и мартенсит.

Прочность паяного соединения «стержень — кулачок» определяли испытанием на скручивание кулачков. Для этой цели распределительный вал



разрезали на части, состоящие из двух соседних кулачков, укрепленных в зажимках машины для испытания на кручение. Скручивание одного из кулачков крутящим моментом 1010—1490 Н·м происходило по пайке.

Для определения влияния снижения твердости кулачков на их работоспособность был испытан сборно-паяный вал после отпуска при 823 К. В результате этого твердость кулачков составляла HRC 45—52, что соответствовало твердости отбеленных кулачков, микроструктура — сорбитообразный перлит и цементит (35%). После 100 ч испытаний на вершинах всех кулачков появилось питтинговое выкрашивание, при этом их износ составил 5—55 мкм. Стандартные распределительные валы из стали 45 с кулачками, закаленными при нагреве ТВЧ до твердости HRC ≤ 56, после 15 ч аналогичных испытаний имели износ 25—870 мкм.

Особенно высокую технико-экономическую эффективность можно получить при изготовлении сборно-паяных распределительных валов для крупных быстроходных дизелей, в частности для разрабатываемого на Горьковском автозаводе шестицилиндрового дизеля.

Сборно-паяный распределительный вал (см. рисунок) этого дизеля состоит из стержня 2 опорных шеек 4, кулачков 3 и фиксирующих положение кулачков штифтов 1. Стержень 2 диаметром 31 мм изготовлен из калиброванной стали 45 с точностью по 3^а классу (ГОСТ 7417—75). Заготовки

после рубки подрезают, центруют, на их торцах снимают фаски. Затем в стержне делают 12 сверлений для фиксации положения кулачков.

Опорные шейки из чугуна СЧ 22—44 по внутреннему диаметру обрабатывают до окончательных размеров, а по наружному с припуском 0,5 мм на сторону для окончательного шлифования после пайки. Отливки кулачков из чугуна ИХЧХ12М после отжига на зернистый перлит по режиму: нагрев 1133—1153 К в течение 2—3 ч, охлаждение со скоростью 20—40 град/ч до 923 К, затем в печи до 573 К, обладают твердостью HRC 28—33. Такая твердость, а также структура зернистого перлита, обеспечивает удовлетворительную обрабатываемость резанием. Отверстия кулачков обрабатывают на размер $31^{+0,1}_{+0,2}$, что в сочетании с точностью калиброванного стержня по 3^а классу позволяет получить зазор между кулачком и стержнем в диапазоне 0,05—0,15 мм. Такой зазор является оптимальным для обеспечения высокого качества пайки [3]. Профиль кулачков обрабатывают с припуском 0,5 мм на сторону на окончательное шлифование. При этом весь легейный брак по раковинам и другим дефектам будет выявлен на отдельных кулачках, а не на всем валу.

Штифты изготавливают из стальной проволоки (ГОСТ 1050—74). Перед сборкой все детали моют и обезжиривают. Отрубленные штифты галтуют. При сборке кулачки со стержнем сое-

диняют штифтами и раскернивают. Таким образом, с высокой точностью фиксируется линейное и угловое расположение кулачков, благодаря чему припуски на окончательное шлифование могут быть минимальными. Положение опорных шеек перед пайкой фиксируют путем кернения тела вала. Собранные валы опускают в кипящий раствор буры. Припой в виде колец латуни диаметром 2 мм укладывают на торец каждого паяемого элемента. Пайка и термическая обработка проводятся по режиму, указанному выше.

Для изготовления кулачков можно применять сталь Х12М, что существенно сокращает объем литья при изготовлении распределительного вала.

Если кулачки изготавливают из стали ШХ15, то распределительные валы после пайки необходимо подвергнуть нормализации для измельчения зерна, образовавшегося при нагреве до 1323 К, а кулачки подвергнуть поверхностной закалке с нагревом ТВЧ.

С целью снижения массы, а также использования центрального отверстия в теле распределительного вала для подачи смазки, стержень сборно-паяного вала можно изготавливать из трубы.

Таким образом, сборно-паяные распределительные валы обладают максимальной износостойкостью пары «кулачок—толкатель». При их изготовлении резко сокращаются капитальные затраты на литье, а также улучшаются условия труда.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Исследование износа кулачков и толкателей двигателей. — SAE Preprint, 1977, № 770019, с. 9.
2. Материалы в машиностроении. Спр.-к. В 5-ти т. Т. 4. Чугун. Под ред. А. А. Жукова и А. Д. Шермана. М.: Машиностроение, 1969. 248 с.
3. Сланский А., Воллман Я. Капиллярная пайка. М.: Машгиз, 1963. 199 с.

Канд. техн. наук Е. И. НАТАНЗОН

НОВОСТИ АВТОМОБИЛЕСТРОЕНИЯ ЗА РУБЕЖОМ

УДК 629.113-529.117

ДИСКОВЫЕ ТОРМОЗНЫЕ МЕХАНИЗМЫ ОТКРЫТОГО ТИПА ДЛЯ ГРУЗОВЫХ АВТОМОБИЛЕЙ И АВТОБУСОВ

ПОВЫШЕНИЕ грузоподъемности, увеличение мощности и технических скоростей грузовых автомобилей и автобусов привело к обострению проблемы безопасности движения и потребовало разработки новых, более жестких нормативных требований и законодательств, касающихся тормозных систем грузовых автомобилей и автобусов, создания новых типов тормозов и систем их привода.

Казалось бы, наиболее эффективными тормозами для грузовых автомобилей и автобусов должны быть дисковые сухого трения, открытого типа, которые подтвердили свои достоинства многолетней практикой применения на легковых автомобилях. Однако они имеют недостаток — сравнительно низкую надежность из-за отсутствия грязезащиты при движении автомобиля по плохим дорогам. Кроме того, мощность торможения, которая должна

быть рассеяна дисковым тормозом грузового автомобиля с единицы поверхности трения тормозного диска, значительно больше, чем у дискового тормоза легкового автомобиля, а значит — больше теплонапряженности.

Несмотря на это, многие зарубежные фирмы — производители тормозных механизмов автомобилей — сейчас интенсивно разрабатывают дисковые тормозные механизмы для грузовых автомобилей различного назначения и автобусов, создают промышленные образцы дисковых тормозов с гидравлическим и пневматическим приводом. И это не случайно. Дисковые тормоза сухого трения обладают высокой стабильностью и плавностью действия при изменении условий трения (благодаря отсутствию эффекта самоусиления), что способствует сохранению устойчивого движения автомобиля при торможении. Так, при изменении коэффици-

циента трения от 0,4 до 0,2 эффективность действия дискового тормоза изменяется в 2 раза (т. е. пропорционально изменению величины коэффициента трения), а у барабанного, в зависимости от степени самоусиления механизма, — в 3—4 раза. Дисковые тормоза, кроме того; имеют незначительную потерю эффективности действия при нагреве и обеспечивают высокую бортовую равномерность тормозных сил в различных дорожных условиях, что позволяет применять в них frictionные материалы с высокими значениями коэффициента трения. Они обладают лучшей, чем барабанные, равной эффективностью, способностью к охлаждению (за счет более интенсивного рассеяния тепла дисками, особенно вентилируемыми). Это видно из рис. 1, где приведены кривые нагрева и охлаждения диска (сплошная линия) и барабана (штриховая линия), полу-

ченные в ходе сравнительных испытаний после 40 последовательных торможений (n_T) и охлаждения при равномерном движении автомобиля со скоростью 45 км/ч. Хотя диск в конце нагрева имел температуру на 70 К выше, чем барабан, но охлаждался гораздо быстрее (через 15 мин диск имел температуру 313 К, а барабан — 423 К). Масса у дисковых тормозов меньше, чем у барабанных и трудоемкость обслуживания меньше (тормозные колодки одного тормоза можно заменить в течение часа); а высокая жесткость конструкции и малые деформации при нагреве обеспечивают нормальную работу механизма автоматической регулировки зазора и предотвращают заклинивание тормоза.

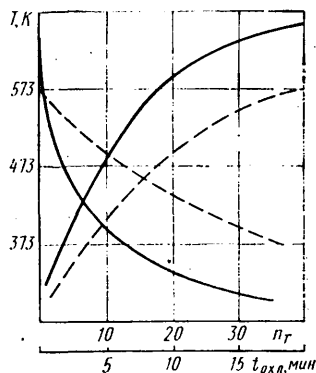


Рис. 1. Сравнительная характеристика нагрева и охлаждения дискового и барабанного тормозов

Из сказанного следует, что применение дисковых тормозов решает много проблем, в том числе и проблему перегрева ободьев колес и термического разрушения шин. Последнее подтверждается рис. 2, где показано распределение температур в ободу колеса после тяжелого режима испытаний дискового (а) и барабанного (б) тормозов.

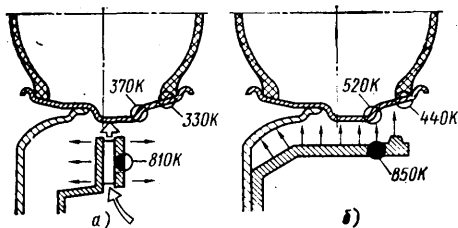


Рис. 2. Распределение температур в ободу колеса после тяжелого режима испытаний дискового (а) и барабанного (б) тормозов

Дисковые тормоза открытого типа с гидравлическим передаточным механизмом появились сначала на автобусах и грузовых автомобилях небольшой грузоподъемности. Основными их элементами как и на легковом автомобиле, были тормозной диск, закрепленный на ступице колеса автомобиля, скоба, несущая тормозные колодки, и приводное устройство для прижатия колодок. Скоба устанавливалась на суппорте, который крепится жестко к элементам моста автомобиля, и относительно тормозного диска была неподвижной (рис. 3, а), плавающей (рис. 3, б) или качающейся. Первая из них крепилась на суппорте

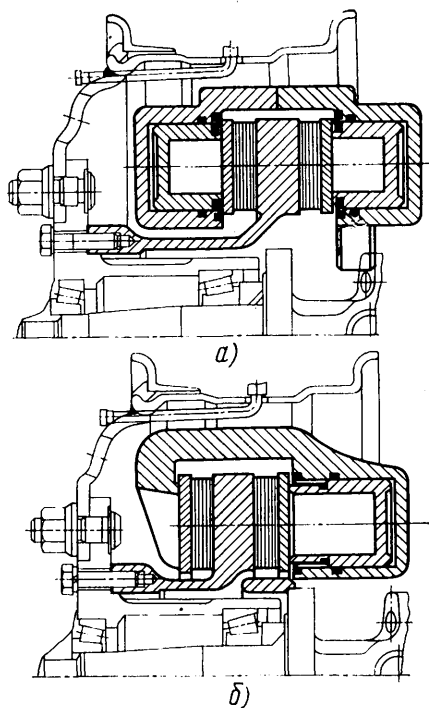


Рис. 3. Компонка дискового тормоза с фиксированной (а) и плавающей (б) скобой в ободу переднего колеса грузового автомобиля

к ней — два рабочих цилиндра; вторая — имела возможность перемещаться перпендикулярно плоскости диска и несла на себе рабочий цилиндр; третья — крепилась на осях, выполненных на суппорте.

В дальнейшем дисковые тормоза нашли более широкое применение, причем тормоза с неподвижной скобой стали устанавливать преимущественно на передних колесах с плавающей скобой, при которой механизм имеет меньшие размеры, лучше обдувается воздухом и легко оборудуется механическим приводом стояночного тормоза как на передних, так и на задних колесах.

Рассмотрим некоторые из дисковых тормозов, выпускаемые зарубежными фирмами.

Фирма Дайтон Вальтер (США) с 1976 г. выпускает дисковые тормоза для грузовых автомобилей грузоподъемностью 1 т. Особенностью этой конструкции является наличие двух плавающих скоб, установленных в пазах одного суппорта. Для уменьшения трения и предотвращения заедания в эксплуатации в пазы установлены вставки из антифрикционного материала. Недостаток конструкции — возможность заедания скоб из-за сложности защиты пазов от попадания грязи.

Фирма АТЕ (ФРГ), являющаяся крупным европейским изготовителем автомобильных тормозных систем, первой выпустила дисковые тормоза для всех четырех колес грузового автомобиля «Унимог» (грузоподъемность 6,5 т), а также дисковый тормоз с плавающей скобой нового типа (рис. 4) для автобусов и грузовых автомобилей. Здесь плавающая скоба 1 установлена подвижно на направляющих пальцах 6, закрепленных в суппорте 3 стопорными болтами 4. Между скобой 1 и диском 5 размещены подвижные тормозные колодки 2, установленные на двух стержнях (указаны стрелками). Благодаря этому тормозное усилие передается через колодки и стержни непосредственно на суппорт, что позволяет разгрузить скобу и направляющие пальцы от реактивных сил при торможении. Равномерный износ тормозных накладок обеспечивается высокой жесткостью деталей, применением двух рабочих гидроцилиндров и узких большой длины накладок. Замена тормозных колодок возможна без снятия и разборки тормозного механизма: для этого достаточно вынуть один направляющий палец 6 и откинуть скобу 1.

ленные на двух стержнях (указаны стрелками). Благодаря этому тормозное усилие передается через колодки и стержни непосредственно на суппорт, что позволяет разгрузить скобу и направляющие пальцы от реактивных сил при торможении. Равномерный износ тормозных накладок обеспечивается высокой жесткостью деталей, применением двух рабочих гидроцилиндров и узких большой длины накладок. Замена тормозных колодок возможна без снятия и разборки тормозного механизма: для этого достаточно вынуть один направляющий палец 6 и откинуть скобу 1.

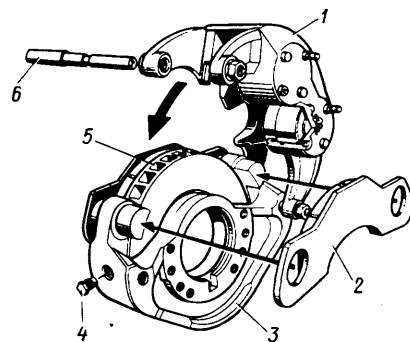


Рис. 4. Дисковый тормоз АТЕ

Для улучшения отвода тепла тормозной диск выполнен с внутренними ребрами, а плавающая скоба — открытого типа. Два гидроцилиндра, расположенные в ней, позволяют легко разделить тормозной привод на независимые контуры. Тормоз имеет и механический привод, который выполнен в виде винтовой пары с автоматической регулировкой зазора и действует на один из двух гидроцилиндров.

Дисковые тормоза нового типа с 1978 г. стали применяться в качестве стандартного оборудования на всех колесах автобуса Зетра S209, имеют модификации для автобусов полной массой 6,5; 10 и 16 т. Фирма приводит данные по сравнительным испытаниям выпускаемых ею барабанных и дисковых тормозов на автомобиле массой 16 т: после пяти последовательных торможений со скоростью 95 км/ч до полной остановки эффективность дисковых тормозов уменьшилась на 12,5%, а барабанных — на 30%; время торможения в случае с дисковыми тормозами оставалось практически постоянным, тогда как с барабанными тормозами оно при пятом торможении возросло на 28,5%.

В последние годы многие зарубежные фирмы для автомобилей большой грузоподъемности разрабатывают дисковые тормоза с механическим прижатием тормозных колодок к диску, приспособленные под пневматический привод управления. В этих тормозах применяются винтовые, кулачковые и клиновые механизмы прижатия колодок в сочетании с плавающей скобой. Об интенсивности работ по созданию дискового тормоза с пневматическим приводом свидетельствует большое число патентов, выданных зарубежным фирмам в последнее время. Примером может служить американский патент, выданный фирме Дайтон Вальтер (США) на механизм прижатия тор-

мозных колодок к диску с механическим (или пневматическим) приводом (рис. 5).

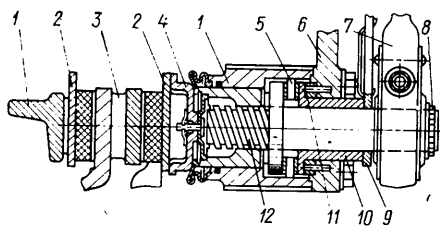


Рис. 5. Винтовой механизм прижатия колодок

В этом механизме скользящая скоба 1 установлена в направляющих пазах суппорта тормоза. По обе стороны вентилируемого диска 3 установлены колодки 2, прижимаемые винтовым механизмом, толкающий поршень которого размещен в направляющем отверстии скобы 1 и удерживается от проворачивания с помощью проставки 4, перемещающейся по направляющим скобы. На одном конце вала винтового механизма выполнена многозаходная резьба 12, а на шлицах наружного конца вала 8 установлен рычаг 7, соединенный со штоком пневматической камеры. На втулке 10 закреплен дополнительный рычаг 9, который через пружину взаимодействует с пальцем, соединяющим шток камеры с рычагом 7. На кронштейне 6 крепления камеры установлена кулачковая шайба 11, взаимодействующая с кулачковой поверхностью торца втулки 10. Между фланцами втулки и вала размещен упорный роликовый подшипник 5. Устройство в начальный момент поворота рычага обеспечивает предварительное перемещение (до 1 мм) механизма (для уменьшения полного хода штока тормозной камеры). При этом в начале поворота рычага 7 включения тормоза вместе с ним поворачиваются рычаг 9 и втулка 10. Под действием кулачков втулка 10 вместе с винтовым механизмом перемещается в сторону диска. При дальнейшем повороте рычага 7 рычаг 9 упирается в стопор, а винтовой механизм прижимает тормозные колодки 2 к диску 3.

В другом патенте, выданном той же фирме, описано устройство для автоматической регулировки зазора, состоящее из дополнительной винтовой пары и храпового механизма. Его работа основана на принципе увеличения длины рабочей части вала по мере износа накладок при обратном ходе штока тормозной камеры.

Фирма Келси Хэйс (США) разработала и в 1977 г. приступила к производству дискового тормоза с пневматическим приводом. Вентилируемый тормозной диск соединен со ступицей колеса. Скоба, подвижно установленная на суппорте, несет на себе тормозные колодки и винтовой механизм прижатия колодок. На внешнем шлицевом конце вала прижимного механизма закреплен приводной рычаг, соединенный со штоком пневматической

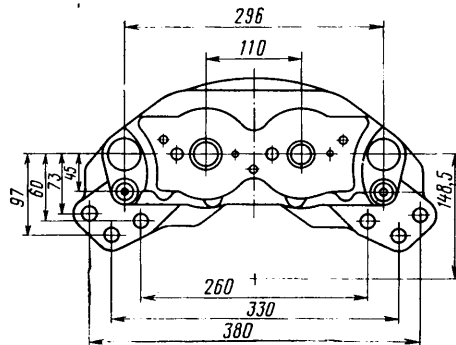
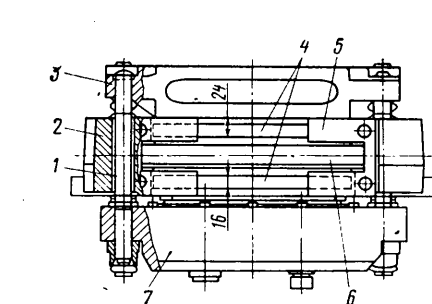


Рис. 6. Дисковый тормоз с пневмоприводом фирмы Лукас Гирлинг

камеры, которая крепится на кронштейне, установленном на скобе. Винтовой механизм, преобразующий вращательное движение рычага в поступательное движение скобы и колодок, вместе с устройством автоматической регулировки зазора помещен в корпус, защищенный от внешней среды и заполненный смазкой.

Фирмой выпускаются две модификации тормоза. Для переднего моста грузоподъемностью 6,35 т — с тормозным моментом 9800 Н·м и заднего моста грузоподъемностью 10 т — с тормозным моментом 13800 Н·м. При установке дискового тормоза на заднем мосту его оборудуют пневматической камерой и пружинным аккумулятором, обеспечивающим стояночное и аварийное торможение.

Один из ведущих английских производителей тормозного оборудования — фирма Лукас Гирлинг — с 1971 г. испытывает на грузовых автомобилях дисковые тормоза с гидравлическим и пневматическим приводом. Она разработала дисковый тормоз (рис. 6,а) с плавающей скобой, состоящей из двух частей: корпуса с прижимным механизмом 7 и реактивной перемычкой 3, которые жестко соединены между собой пальцами 1. Скоба устанавливается на плавающих пальцах в суппорте 2, прикрепленном к корпусу моста, на котором расположены тормозные колодки 4, зафиксированные двумя пружинами 5 и четырьмя винтами. Суппорт и скобу изготовляют из высокопрочного ковкого чугуна. Тормозной диск диаметром 396 мм и толщиной 44 мм имеет 30 радиальных вентиляционных каналов, изготовляют его из специального чугуна. При общей площади фрикционных накладок 337 см², что соответствует коэффициенту

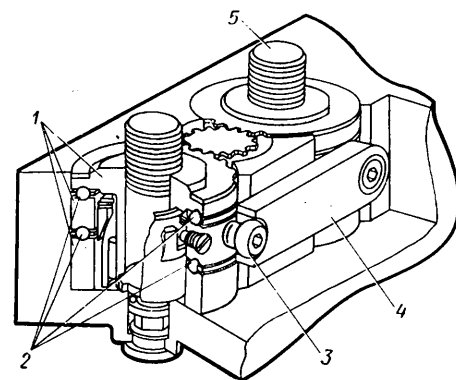


Рис. 7. Прижимной механизм дискового тормоза фирмы Лукас Гирлинг

взаимного перекрытия 0,2, толщине фрикционной накладки 16 мм, и толщине стального корпуса колодки 8 мм дисковый тормоз развивает тормозной момент, равный 18 кН·м.

Прижимной механизм (рис. 7,б) состоит из пары торцевых кулачков 1 с винтовыми рабочими поверхностями, между которыми установлены упорные игольчатые или шариковые подшипники 2. Одно кулачковое устройство приводит валок 5 непосредственно от тормозной камеры, а другое — вращается при помощи соединительного звена 4, связанного с устройствами шаровыми выступами 3.

Автоматический регулятор зазора находится внутри одного из кулачковых устройств и состоит из двух муфт, работающих последовательно; одна муфта — фрикционная, проскальзывает при приложении определенного момента в любом направлении, другая — роликовая свободного хода, заклинивается в одном направлении и вращается свободно в противоположном направлении. Взаимодействие указанных муфт обеспечивает уменьшение зазора между накладкой и диском. Регулятор защищен от проникновения воды и прязи резиновыми уплотнениями.

Применению дисковых тормозов с пневматическим приводом на грузовых автомобилях способствует появление новых фрикционных материалов. Например, фирма Бендикс разработала совершенно новый фрикционный материал для полуметаллических тормозных накладок дисковых тормозов. Этот материал — на основе стальных волокон (вместо асбестовых) имеет новое сочетание железного порошка и графита, в его состав входит разработанная фирмой фенольная смола. Он обладает высокой износостойкостью в диапазоне температур от 360 до 800 К, стабильным коэффициентом трения, малым износом контртела и низким уровнем шума.

Опыт зарубежных фирм по разработке и применению дисковых тормозов, особенно с пневматическим приводом, на грузовых автомобилях и автобусах убедительно свидетельствует о перспективности нового направления в развитии тормозных систем.

Канд. техн. наук А. С. БРЫКОВ,
А. С. КИЧЖИ

Корректор О. Е. Мишина

Сдано в набор 05.12.81.
Печать высокая.

Формат 60×90/16

Подписано в печать 05.02.82.
Усл. печ. л. 5,0

Уч.-изд. л. 8,66

Тираж 10100 экз

T-04874
Заказ 557

Адрес редакции: 103012, Москва, К-12, пр. Сапунова, д. 13, 4-й этаж комн. 427 и 424

Тел.: 228-48-62 и 298-89-18

Подольский филиал ПО «Периодика» Союзполиграфпрома при Государственном комитете по делам издательств, полиграфии

и книжной торговли г. Подольск, ул. Кирова, д. 25

Вологодская областная универсальная научная библиотека

www.booksite.ru



Аккредитив сберегательной кассы

Ежегодно миллионы советских граждан совершают экскурсии или путешествия по стране, выезжают в командировки. Удобной формой хранения денег в пути являются аккредитивы сберегательных касс. Деньги, внесенные на аккредитив, можно получить в сберегательной кассе любого города или района страны.

Сберегательные кассы выдают аккредитивы двух видов: на любую сумму до 3000 руб. и в 300 руб. По аккредитиву до 3000 руб. деньги выплачивают сразу в полной сумме. Если владелец такого аккредитива желает получить только часть денег, то на оставшуюся сумму может быть выдан новый аккредитив. По аккредитиву в 300 руб. можно получить всю сумму сразу или частями по 100 руб.

Оплата аккредитива производится сберегательной кассой в течение четырех месяцев со дня его выдачи по предъявлении владельцем паспорта или заменяющего его документа.

ПРАВЛЕНИЕ ГОСТРУДСБЕРКАСС СССР

КСЕРОКС 3450

Незаменимым помощником в Вашей работе может стать копировально-множительный аппарат Ксерокс 3450, изготовляющий копии двух форматов (А3 и А4) со скоростью 30 и 8 копий в минуту. При необходимости машина может уменьшить оригинал с формата А3 до формата А4.

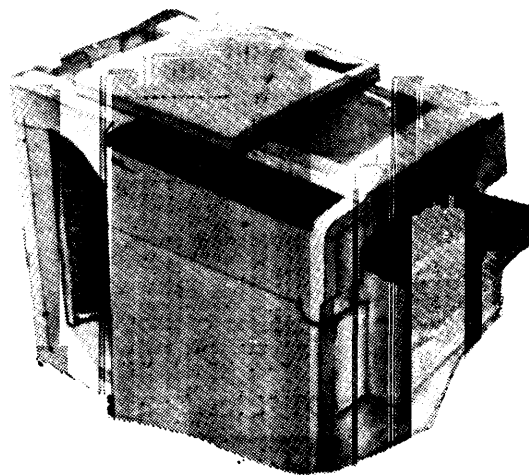
Значительно ускоряется и упрощается прохождение деловой документации, от оперативности которой часто зависит работа производственных линий, коллективов людей, работа отдельных подразделений и предприятий в целом!

При этом качество копий, в том числе и полутонных, — отличное.

Встроенная система самодиагностики дефектов делает аппарат удобным при техническом обслуживании. Компактный и красивый вид, удобно расположенная кнопочная система управления облегчают работу оператора и делают ее приятной.

Два лотка для копировальной бумаги позволяют свободно переходить от одного к другому, не прерывая процесса копирования.

Встроенное подборочное устройство на 15 «карманов» помогает получить весь комплект копируемой документации в нужном порядке.



Полуавтоматическая подача разброшюрованных документов значительно облегчает оперативное изготовление копий. Фирма считает аппарат модели 3450 одним из самых лучших среди копировальных машин среднего типа.

RANK XEROX

ПОЗНАКОМИТЬСЯ С АППАРАТОМ КСЕРОКС 3450 ВЫ СМОЖЕТЕ НА МЕЖДУНАРОДНОЙ ВЫСТАВКЕ «ОПТИКА—82», КОТОРАЯ СОСТОИТСЯ В МОСКВЕ СО 2 ПО 11 МАРТА 1982 г.

**ПРЕДСТАВИТЕЛЬСТВО В СССР
фирмы Рэнк Ксерокс
Москва, 4-й Добрынинский пер., 6/9.
Тел. 237-68-42.**