

Г. В. Гетманец, В. А. Лиханов

**СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА**

АСПОЛ

Г. В. Гетманец, В. А. Лиханов

СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ
ПРОБЛЕМЫ
АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Справочное пособие

АСПОЛ

1993

Социально-экологические проблемы автотранспорта. Справочное пособие / Г. В. Гетманец, В. А. Лиханов,— М., 1993.

Справочное пособие создано на основе результатов исследований, посвященных охране окружающей среды от влияния вредных веществ, содержащихся в отработавших газах двигателей внутреннего сгорания. Предназначено для специалистов по эксплуатации автомобильного транспорта, работающих над вопросами, касающимися социальной экологии.

Может быть использовано в качестве учебного пособия в высших и средних специальных учебных заведениях при подготовке специалистов для автотракторной промышленности и автомобильного транспорта.

ПРЕДИСЛОВИЕ РЕДАКТОРА

Развитие науки и техники приводит к существенному увеличению количества новых научно-технических терминов и словосочетаний, а также к переосмыслению ранее существовавших. Зачастую игнорируются требования основополагающих и нормативных документов (стандартов, энциклопедических изданий), относящихся к использованию того или иного термина.

Если обратиться к тематике предлагаемого читателям справочного пособия, то здесь при редактировании возникла необходимость заменить некоторые устаревшие или неправомерно употребляемые термины. В частности, вместо слов «окись», «двуокись» использованы слова «оксид», «диоксид»; вместо «крутящий момент» — «вращающий момент» (причем устаревший термин в нескольких случаях приводится рядом в скобках). Широко распространенный термин «экология» неприменим к тематике этого издания и потому повсеместно заменен словосочетанием «социальная экология» и производными от него.

Принятые сокращения (аббревиатуры)

БП — бенз(а)пирен
ВМТ — верхняя мертвая точка
ВТЭ — водно-топливная эмульсия
ДВС — двигатель внутреннего сгорания
ДТ — дизельное топливо
ЕРА — Агентство охраны окружающей среды от загрязнения (США)
ЕЭК ООН — Европейская экономическая комиссия Организации Объединенных Наций
ЖН — жидкостный нейтрализатор
КГ — картерные газы
КН — каталитический нейтрализатор
КНГ — каталитический нейтрализатор-глушитель
КС — камера сгорания
МАДИ — Московский автомобильно-дорожный институт
НАМИ — Центральный научно-исследовательский автомобильный и автомобильный институт
НИИАТ — Научно-исследовательский институт автомобильного транспорта
НИКТИД — Научно-исследовательский и конструкторско-технологический институт тракторных и комбайновых двигателей
НИР — научно-исследовательская работа
НМТ — нижняя мертвая точка
ОГ — отработавшие газы
ОКР — опытно-конструкторская работа
ОЧ — октановое число
ПАУ — полициклические ароматические углеводороды
ПДВ — предельно допустимые выбросы
ПДК — предельно допустимая концентрация
РОГ — рециркуляция отработавших газов
РФС — расширенный фракционный состав
СНОГ — система нейтрализации отработавших газов
СПГ — сжатый природный газ
ССТ — система снижения токсичности
СУПБ — система улавливания паров бензина
ТА — топливная аппаратура
ТНВД — топливный насос высокого давления
ТЧ — твердые частицы
ЦНИДИ — Центральный научно-исследовательский дизельный институт
ЦНИТА — Центральный научно-исследовательский институт топливной аппаратуры
ЦЧ — цетановое число

Принятые обозначения

α — коэффициент избытка воздуха
...° п. к. в. — угол поворота коленчатого вала
 g_e — эффективный удельный расход топлива
 ϵ — степень сжатия
 λ — коэффициент избытка кислорода
 N_e — эффективная мощность
 n — частота вращения
 NO_x — оксиды азота
 ρ — степень рециркуляции
RCHO — альдегиды
 SO_x — оксиды серы
 θ — угол опережения зажигания; угол опережения впрыска
С — сажа
 γ — угол поворота коленчатого вала
 C_xH_y — углеводороды
 η_v — коэффициент наполнения

НАУЧНО-ПРОИЗВОДСТВЕННОЕ ОБЪЕДИНЕНИЕ «ЭКОСИСТЕМА» ПРЕДЛАГАЕТ

1. Эффективные каталитические нейтрализаторы в габаритах штатного глушителя для очистки отработавших газов городских автобусов «Икарус», «ЛИАЗ»; автомобилями СуперМАЗ, КамАЗ, КраЗ, подземной и карьерной техники.

2. Системы очистки отработавших газов моторо-испытательных станций с улавливанием сажи.

3. Комплексные системы снижения токсичности для специальных условий эксплуатации в гаражах, цехах, предприятий, шахтах, трюмах судов, складах, карьерах и др.

4. Современные приборы для контроля токсичности и дымности отработавших газов.

5. Текущее информационное обеспечение по тематике «Социальная экология автотранспорта» (нормативно-правовые документы, техническая информация).

6. Социально-экологическую экспертизу Вашего предприятия (АТП) с целью выбора стратегии уменьшения выбросов вредных веществ с отработавшими газами.

7. Оборудование отечественных автомобилей, выполняющих перевозки в Европе, современными каталитическими нейтрализаторами отработавших газов.

Мы готовы применить наши знания и опыт для улучшения социально-экологических характеристик Вашего предприятия и уменьшения платежей за загрязнение окружающей среды.

Наш адрес: 125239, г. Москва, ул. Михалковская, 63, НПО «Экосистема».

Генеральный директор Галина Васильевна Гетманец

ПРЕДИСЛОВИЕ

Ежегодно в атмосферу Земли поступает большое количество токсичных веществ, в том числе 700 млн тонн оксида углерода, 150 млн тонн оксидов азота, 200 млн тонн твердых частиц, 200 млн тонн диоксида серы. Значительная часть этих веществ выбрасывается автотранспортом.

В Мюнхене в ноябре 1978 г. была подписана международная конвенция о трансграничном загрязнении воздуха. Там же принят Протокол по сокращению выброса и трансграничного переноса соединений серы к 1993 г. по сравнению с 1980 г. на 30%. Существовавший тогда СССР в соответствии с Протоколом должен был сократить выбросы диоксида серы (сернистого газа) на 30% к 1993 г., Франция, Финляндия, ФРГ — на 50% и более к 1990 г., Канада — на 65% к 1994 г., Швеция — на 65% к 1995 г. Подписанный в 1988 г., Софийский Протокол предусматривает стабилизацию выброса оксидов азота.

В последнее время стандарты на выбросы вредных веществ с отработавшими газами автотранспорта постоянно ужесточаются. Самые строгие нормативы на содержание оксидов азота и углеводородов в ОГ бензиновых ДВС, оксидов азота и твердых частиц в ОГ дизелей уже приняты в Японии, США (особенно в штате Калифорния), Швейцарии и других странах. В 1992...1994 гг. многократное ужесточение норм выброса вредных веществ продолжится в первую очередь в странах Северной Америки, Японии, большинстве стран Европы, в наиболее развитых странах Юго-Восточной Азии.

В середине 1970-х годов ежегодный ущерб от загрязнения окружающей среды оценивался в Великобритании в 0,8 млрд дол., в Канаде — в 2,5 млрд дол., во Франции — 3 млрд дол., в США в 25 млрд дол., в СССР в 25...30 млрд руб. Наряду с широко признанными отрицательными сторонами загрязнения атмосферы вредными веществами из отработавших газов (ОГ) надвигается новая проблема — «парниковый эффект».

США в 1975 г. израсходовали на охрану природы 15 млрд дол., из них на охрану атмосферного воздуха — 4 млрд дол. В СССР было, соответственно, израсходовано 1,5 млрд руб., из них 100 млн руб. — на охрану атмосферного воздуха. В 1988 г. общие природоохранные расходы США составили 80 млрд дол., Японии — 1,3 трлн йен, в 1989 г. эти расходы СССР составили

3 млрд руб. В развитых странах природоохранные вложения составляют около 5% валового национального продукта.

В результате предпринятых усилий выпущенные в 1985 г. в США автомобили выбрасывали оксидов азота на 75% меньше, чем автомобили выпуска 1968 г. Отказ от использования бензина позволил дополнительно уменьшить вдвое вредное воздействие отработавших газов в Японии, США, ФРГ, Бразилии и других странах.

Темпы сокращения выбросов вредных веществ с ОГ автотранспортом в странах СНГ заметно ниже, что отражает и доля финансирования в них природоохранных мероприятий. Вместе с тем проблема защиты атмосферы от вредного воздействия отработавших газов в наших странах стала одной из самых серьезных.

Впервые широкому кругу специалистов предлагается справочное издание, посвященное вопросам снижения токсичности отработавших газов автотранспорта — городских автобусов, автопоездов, подземного и карьерного транспорта, легковых автомобилей. В сжатой форме обобщены данные по действующим и перспективным нормам на токсичность и дымность отработавших газов в Российской Федерации, европейских и других странах, по методикам расчетов количества вредных выбросов с ОГ автомобилями по современным методам и системам, обеспечивающим снижение токсичности отработавших газов до уровня действующих норм. Особое внимание уделено типам и конструкциям современных каталитических нейтрализаторов, системам нейтрализации легковых и грузовых автомобилей, противодымным фильтрам, маслам и топливным присадкам, выпускаемым в СНГ и за рубежом. Представлены технические характеристики приборов и оборудования, применяемого для контроля состава отработавших газов и дымности автомобилей, перечень организаций — разработчиков и изготовителей, в том числе предприятий всех форм собственности, работающих в области социальной экологии. Даны практические рекомендации по применению антитоксичных систем на отечественных легковых и грузовых автомобилях (МАЗ, КамАЗ, КраЗ, ЛиАЗ, БелАЗ, АЗЛК, ВАЗ, ГАЗ, ЗИЛ и др.), рассмотрены специальные вопросы их эксплуатации и технического обслуживания. Впервые в справочном издании сделана попытка обобщения законодательных и штрафных санкций за нарушение социально-экологических показателей автомобилями в СНГ и в европейских странах.

1. СОЦИАЛЬНО-ЭКОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ АВТОТРАНСПОРТА

Движение автомобильного транспорта и функционирование промышленных предприятий неминуемо сопровождается загрязнением атмосферы выбросами токсичных газообразных и твердых веществ, транспортным шумом, тепловым, электромагнитным излучением движущихся автомобилей, вибрацией зданий и сооружений. Масштабы загрязнения атмосферного воздуха в СССР и США в 1980...1987 гг. даны в табл. 1.1.

Таблица 1.1

Суммарные выбросы вредных веществ предприятиями промышленности и автотранспортом, млн тонн в год

Вещество	1980	1981	1982	1983	1984	1985	1986	1987
СССР								
Твердые частицы (ТЧ)	15,8	15,7	16,0	16,4	16,5	16,6	16,2	15,4
Сернистый газ (SO ₂)	19,9	19,5	19,8	20,3	19,7	19,6	18,7	18,6
Оксид углерода (CO)	48,4	47,2	49,5	48,8	46,0	44,2	44,5	44,6
Оксиды азота (NO _x)	5,5	5,3	5,8	5,9	5,7	5,7	6,1	6,2
Углеводороды (C _x H _y)	15,2	15,3	15,4	15,0	14,6	14,8	15,2	14,8
Свинец (без учета выбросов автотранспортом)	0,013	0,012	0,013	0,012	0,010	0,010	0,010	0,009
Итого (без свинца)	104,8	103,0	106,5	106,4	102,5	100,9	100,7	99,6
США								
Твердые частицы	8,5	8,0	7,1	7,1	7,4	7,0	6,8	7,0
Сернистый газ	23,4	22,6	21,4	20,7	21,5	21,1	20,7	20,4
Оксид углерода	77,0	74,4	69,4	71,3	68,7	64,6	61,1	61,4
Оксиды азота	20,4	20,4	19,6	19,0	19,7	19,8	19,3	19,5
Летучие органические соединения	22,3	21,0	19,7	20,4	21,5	20,1	19,3	19,6
Свинец	0,07	0,056	0,055	0,046	0,04	0,04	0,009	0,008
Итого (без свинца)	151,6	146,4	137,2	138,5	138,8	132,6	127,2	127,9

Отработавшие газы ДВС являются одним из основных источников загрязнения атмосферы. По зарубежным данным общий ущерб от этого загрязнения в развитых странах состав-

ляет десятки миллиардов долларов ежегодно. Проблема загрязнения атмосферы приобрела серьезную социальную и политическую окраску.

Характер вредных выбросов с отработавшими газами ДВС в СССР в 1987 г. дан в табл. 1.2.

Таблица 1.2

Выбросы вредных веществ автотранспортом в 1987 году

Характеристика	Всего	Оксиды азота	Оксид углерода	Углеводороды
Выброс, млн т	36,12	1,76	28,59	5,81
Доля автотранспорта в суммарных выбросах, %	37	28	66	24

Масштаб вредного воздействия ОГ в настоящее время вызывает во всем мире обоснованное беспокойство. В крупных городах, промышленных центрах автотранспорт является основным источником загрязнения атмосферного воздуха, что отражено в табл. 1.3.

Таблица 1.3

Доля выбросов автотранспортом в общем количестве выбрасываемых вредных веществ, % (1991 г.)

Город	Оксид углерода	Углеводороды	Оксиды азота
Москва	96	64	33
Санкт-Петербург	88	79	32
Мадрид	95	90	35
Стокгольм	99	93	53
Токио	99	95	33
Торонто	98	69	19
Лос-Анджелес	98	66	72
Нью-Йорк	97	63	31

Автотранспорт в странах СНГ потребляет в год около 60 млн тонн топлива, за один год расходуется 60 млн штук шин; на производство автомобилей ежегодно тратится 10 млн тонн металла, что приводит к дополнительному выбросу вредных веществ промышленными предприятиями (производителями шин и металла).

По результатам обобщения данных государственного учета выбросов в атмосферу загрязняющих веществ установлено, что

в 190 городах бывшего СССР одним из основных источников загрязнения воздушного бассейна (более 50% выбросов) является автотранспорт (приложение 1).

В 1989 г. выбросы вредных веществ автотранспортом в целом по СССР составили 35,5 млн т (в 1988 г. — 36 млн т). Несмотря на принимаемые меры, объем этих выбросов снижается по годам незначительно. Более того, доля этих выбросов за 10 лет увеличилась с 35% почти до 38% общего объема, что во многом объясняется рядом причин, приведенных ниже:

1. Качественное отставание системы стандартов, отсутствие региональных норм.

2. Большое отставание, а также частично отсутствие приборов и оборудования должной номенклатуры.

3. Низкое качество топлив и масел.

4. Отставание автомобильной промышленности в разработке и внедрении комплекса мероприятий, снижающих выбросы вредных веществ автомобилями и другими транспортными средствами.

5. Несоответствие существующей инфраструктуры эксплуатации автотранспортных средств современным требованиям диагностики, контроля, технического обслуживания и ремонта.

6. Отсутствие в законодательстве положений, стимулирующих разработку и внедрение малотоксичных двигателей, средств снижения токсичности ОГ, неэтилированных бензинов и других экологически более чистых видов топлив, масел необходимого качества.

Отсутствуют также стимулы повышения культуры эксплуатации автотранспорта.

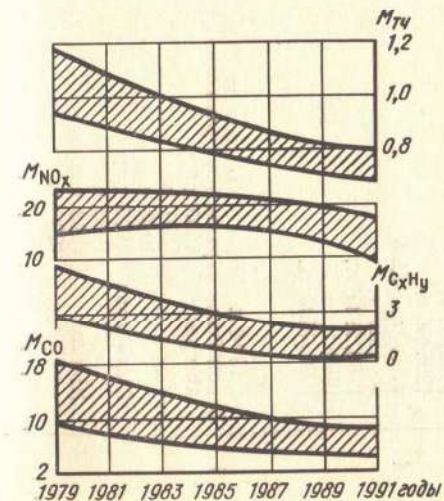


Рис. 1.1. Диапазоны изменения выбросов нормируемых вредных веществ и расхода топлива автомобилями ВАЗ и АЗЛК: M_i — масса выброса вредных веществ, в граммах за испытательный цикл (CO — оксид углерода, C_xH_y — углеводороды, NO_x — оксиды азота); Q_T — расход топлива

Показатели токсичности ОГ автомобилей с дизелями

№ п.п.	Наименование документа, страна, предприятие	Уровень выбросов, г/(кВт·ч)			Твердые частицы (дымность ОГ)
		Оксид углерода	Углеворода	Оксиды азота	
1	Стандарты СССР: ОСТ 37.001.23 — 81, ГОСТ 17.2.2.01 — 84	9,5	3,4	18,35	(35%)
2	Государственная научно-техническая программа «Высокооборотной экологически чистый транспорт 2000-г.»	4,9	1,2	5,0	0,1
3	Правила № 49 ЕЭК ООН				
	1982 г.	14,0	3,5	18,0	—
	1988 г.	11,2	2,4	14,4	—
	1990 г.	11,2	2,4	14,4	0,7
	1992/93 гг.	4,5	1,1	8,0	0,36
4	1995/96 гг.	4,0	1,1	7,0	0,15
	Стандарты США				
	до 1987 г.	20,8	1,76	14,4	—
5	1988/1989 гг.	20,8	1,76	14,4	0,8
	1990 г.	20,8	1,76	8,15	0,34
	1991/1993 гг.	20,8	1,76	6,8	0,34
	с 1994 г.	20,8	1,76	5,4	(0,14 автотру- сы)
	Европейские страны (см. также п. 3)				
	Австрия	11,2	2,4	14,4	—
	1991 г.	4,9	1,23	9,0	0,7
	1993 г.	4,9	1,23	9,0	0,4
	Швейцария	8,4	2,1	14,4	—
	1990 г.	4,9	1,23	9,0	0,7
Швеция	4,9	1,2	9,0	0,4	
	1993 г.	4,9	0,6	7,0	0,15
	1996 г.	2,0			

6	Норвегия 1993 г.	4,9	1,2	7,0	0,4
7	Фактические выбросы двигателя КамАЗ-7408.10	6...8,5	2...2,8	13...16	(30...35%) 0,7...0,8
	Фактические выбросы двигателя КамАЗ-7409.10: в дизельном режиме в газодизельном режиме	5,7...7,6 17...21	0,55...0,68 7,6...8,5	13,6 10,1...13,2	(32%); 0,7 (23%)
8	Опытные образцы малотоксичных двигателей ПО КамАЗ:				
	без турбонадува	2,45...4,5	0,3...0,4	7,35...8,5	—
9	$N_e=118$ кВт	3,1...7,4	0,4	5,3...8,5	—
	$n=2600$ мин ⁻¹				
	с турбонадувом				
	$N_e=150$ кВт	1,8...3,1	0,7...1,4	15...18	0,6...0,4
	$n=2600$ мин ⁻¹	1,5...2,6	1,5...3,4	11,2...14	0,6...0,3
10	Дизели:	1,5...4	1,5...3,4	9...12,0	0,4...0,2
	ЯМЗ-8424	1,2...3,0	1,0...2,4	8...11	0,35...0,15
11	ЯМЗ-752				
	ЯМЗ-750				
12	Опытный образец малотоксичного дизеля ММЗ Д-240МТ	11,8	0,9	0,5	0,30
	Scania DSC-9, стандартное топливо	11,8	0,8	0,5	0,20
13	Scania DSC-9, «городское топливо» с сажевым фильтром и нейтрализатором	11,8	0,1	0,1	0,08
14	Scania DSC-9, «городское топливо» с нейтрализатором	11,8	0,1	0,1	0,12

Примечание. «Городское топливо» — это малосернистое топливо, с низким содержанием ароматических углеводородов (оксидов серы — не более 0,05% по весу).

Со времени введения первого стандарта в 1970 г. величина суммарного выброса вредных веществ отечественными автомобилями (с учетом токсической значимости компонентов ОГ) снижена более чем в два раза, в том числе по оксиду углерода в четыре раза, углеводородам в 2,5...3 раза. На рис. 1.1 показана динамика снижения вредных выбросов на примере серийных автомобилей, выпускаемых ВАЗ и АЗЛК. Аналогичные зависимости характерны и для других моделей автомобилей. В табл. 1.4 показаны документы, результаты работы в этом направлении и эффективность внедрения мероприятий в разных странах и на предприятиях СНГ, которые частично соответствуют и зарубежной практике. Однако они не внедрены на многих заводах, так как экономические факторы и ранее действовавшая система Государственной стандартизации не стимулировали внедрение мероприятий, улучшающих социально-экологические показатели, хотя и удорожающих автомобиль. Только на Волжском автозаводе были реализованы практически все указанные мероприятия, а некоторые из них получили распространение (например, более совершенные карбюраторы «Озон», уменьшающие выбросы вредных веществ ниже требований Правил ЕЭК ООН, были применены на других заводах легковых автомобилей, а некоторые их элементы использованы в карбюраторах грузовых автомобилей).

В настоящее время на ВАЗ внедрены системы рециркуляции ОГ, термостатирования воздуха на входе в карбюратор, улавливания паров топлива. На легковых автомобилях ВАЗ, АЗЛК, ГАЗ и УАЗ проводятся испытания систем нейтрализации ОГ.

В 1989 г. в Серпухове и на КамАЗе начат выпуск микролитражного автомобиля «Ока», у которого малый расход топлива (5,3 л/100 км) обуславливает низкий уровень выброса вредных веществ.

Надо отметить, что выбросы автотранспортом в 1987 г. в США составляли 42% валового выброса по стране в СССР — в 1,6...1,7 раза меньше, хотя, число автомобилей в СССР в 10 раз меньше, чем в США. Выбросы углеводородов были примерно одинаковы в обеих странах, выбросы оксида углерода в 1,5 раза, а оксидов азота в пять раз больше в США, чем в бывшем СССР.

Анализ показывает, что при сохранении существующих тенденций в развитии всех составляющих автотранспортного комплекса стран СНГ (технического уровня машин, качества топлива и масел, методов организации перевозок и движения, состояния работ по контролю и уменьшению вредных выбросов) через 5...10 лет антропогенное воздействие автотранспорта на окружающую среду в этих государствах значительно усилится.

Динамика производства дизелей в западных странах по данным фирмы «Бош» дана на рис. 1.2. За последние десять лет

выбросы вредных веществ выпускаемыми в странах бывшего СССР грузовыми автомобилями, автобусами и сельскохозяйственной техникой в среднем уменьшены в два раза. Это достигнуто посредством совершенствования рабочего процесса дизелей, перевода работы дизелей на газообразное топливо, внедрения новых систем топливоподачи, например, топливных насосов с увеличенным давлением впрыскивания, организации сто процентного контроля токсичности выпускаемых на заводах автомобилей и других мероприятий.

Характер изменения удельных выбросов вредных веществ дизелями, выпускаемыми основными заводами, представлен на рис. 1.3.

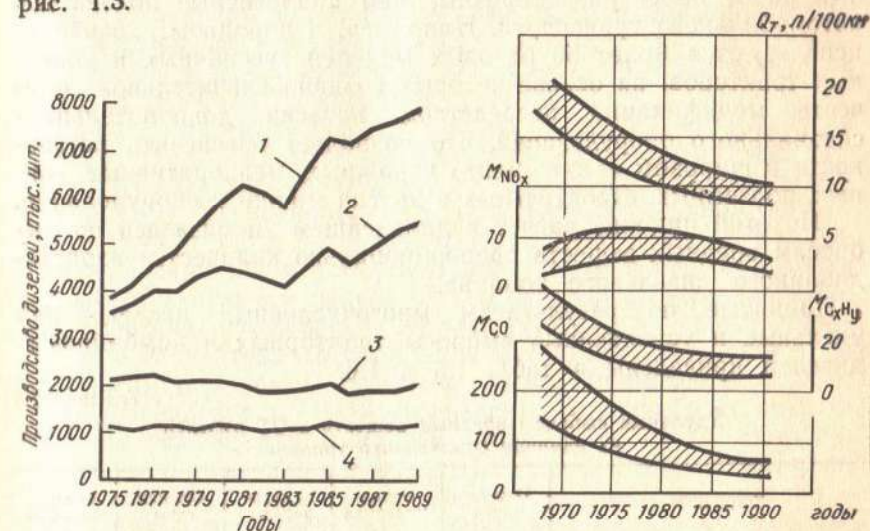


Рис. 1.2. Динамика производства многоцилиндровых дизелей в странах Западной Европы: 1 — легковые автомобили; 2 — грузовые автомобили; 3 — трактора; 4 — стационарные ДВС

Рис. 1.3. Диапазоны изменения удельных выбросов нормируемых вредных веществ автомобилями и тракторами с дизелями ЯМЗ, КамАЗ, ЗИЛ, ЧТЗ, АМЗ, ММЗ, ВТЗ, ХТЗ и др.: М — удельный выброс вредных веществ, в г/(кВт·ч) (СО — оксид углерода; С_xН_y — углеводороды; NO_x — оксиды азота; ТЧ — твердые частицы)

Данные о вредных выбросах автомобильных дизелей широко известны, однако представляет интерес информация и в отношении тракторных и комбайновых дизелей. Они составляют значительную долю общего числа двигателей транспортных средств. В настоящее время в Российской Федерации и других странах бывшего СССР имеется около 5 млн тракторов, около одного миллиона зерновых и 500 тыс. прочих комбайнов. Указанный парк распределяется следующим образом: в сельском хозяйстве используются все комбайны и около 2/3 тракторов.

Оставшаяся 1/3 тракторов, в том числе со смонтированным на них специальным строительно-дорожным оборудованием, — в других отраслях народного хозяйства.

При оценке выбросов вредных веществ с ОГ тракторными и комбайновыми двигателями необходимо учитывать указанные ниже особенности.

1. Все отечественные тракторные и комбайновые двигатели — дизели. Бензиновые двигатели используются только в качестве пусковых.

2. Номенклатура машин, снабженных тракторными и комбайновыми двигателями, а также вид и перечень выполняемых ими работ более разнообразны, чем аналогичные показатели автомобильного транспорта. Например, в народном хозяйстве используются более 50 базовых моделей гусеничных и колесных тракторов, на основе которых создано значительное количество модификаций посредством навески дополнительного специального оборудования, что позволяет обеспечить потребности в широком ассортименте дорожных, мелиоративных, горных, подземных, строительных и других машин и оборудования.

По этой причине расчет в дальнейшем произведен по выбросам вредных веществ пропорционально количеству израсходованного дизельного топлива.

Принятые по результатам многочисленных исследований удельные и усредненные выбросы тракторных и комбайновых дизелей приведены в табл. 1.5 и 1.6.

Таблица 1.5

Удельные выбросы вредных веществ с ОГ дизелей на единицу сожженного топлива

Компонент	Оксиды азота	Оксид углерода	Углеродороды	Оксиды серы	Твердые частицы
Удельный выброс вредных веществ, кг/кг топлива	$5 \cdot 10^{-2}$	$2,7 \cdot 10^{-2}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$5 \cdot 10^{-3}$	$7 \cdot 10^{-3}$

Таблица 1.6

Усредненные суммарные годовые вредные выбросы дизелями за 1990 год

Вид машины	Выбросы вредных веществ, млн т				
	Оксиды азота	Оксид углерода	Углеродороды	Оксиды серы	Твердые частицы
Трактора в сельском хозяйстве	1,50	0,8	0,15	0,10	0,06
Прочие трактора и машины	1,20	0,64	0,12	0,08	0,03
Комбайны	0,30	0,16	0,03	0,01	0,01
Итого	3,00	1,60	0,30	0,19	0,10

Следует сказать, что только в странах СНГ введены с 1980 г. нормы, ограничивающие дымность и вредные выбросы ОГ тракторных и комбайновых двигателей. Внедрение указанных норм позволило снизить суммарные выбросы основных вредных веществ на 15...20%.

Несмотря на неполноту соответствующих законодательств, нормативных документов и государственных программ, сдерживающую проведение НИР и ОКР в части систем очистки ОГ, за последние пять лет разработаны и внедрены в производство системы нейтрализации ОГ для подземных машин, выпускаемых Могилевским автозаводом, Донецким и Воронежским машиностроительными заводами, Львовским заводом автопогрузчиков. По заявкам потребителей выпускаются нейтрализаторы для грузовых автомобилей БелАЗ (30-, 40-, 75-, 110-тонных), МАЗ, КрАЗ, КамАЗ, автобусов «Икарус», ЛиАЗ, тракторов Т-130, МТЗ-80/82, Т-25, Т-16М и др.

В последнее время ведутся работы по организации выпуска в 1995 г.* до 1 млн штук систем очистки ОГ для базовых моделей легковых автомобилей на Уральском электрохимическом комбинате (г. Екатеринбург). В свою очередь головной организацией НАМИ в 1990 г. закончены приемочные испытания, передана техническая документация, проведена подготовка производства и начат выпуск систем снижения токсичности ОГ для львовских и болгарских автопогрузчиков на заводе «Моссельмаш», а нейтрализаторов для автобусов «Икарус» — на Редкинском опытном заводе (см. также Приложения 2...8).

Усилия заводов и НИИ направлены на разработку средств снижения токсичности ДВС как посредством совершенствования рабочего процесса, перевода ДВС для работы на альтернативных топливах, повышения качества применяемых топлив и смазок, так и созданием систем снижения токсичности и дымности ОГ всей выпускаемой автотракторной техники.

С учетом резкого ужесточения норм на токсичность и дымность ОГ ДВС за рубежом продолжают работы по программе «Высокоскоростной экологически чистый транспорт», проводимые с целью коренного (в 4...8 раз) улучшения социально-экологических показателей перспективной автомобильной техники путем принятия принципиально новых технических решений.

Динамика изменения токсичности и дымности ОГ перспективных автомобилей разрабатываемых НАМИ, МАДИ и другими институтами совместно с автомобильными заводами с расчетом организации производства в 1999/2000 гг. конкурентоспособных автомобилей приведена в табл. 1.7.

* Существующие экономические трудности в странах СНГ могут внести существенные поправки в сроки реализации этого и других мероприятий.

Таблица 1.7

Динамика изменения токсичности и дымности ОГ перспективных автомобилей

Тип ДВС	Вредные выбросы	Изменение объемов вредных выбросов, %			
		1989	1990...1991	1992...1993	1994...1995
Бензиновые двигатели	Оксиды азота	100	100	40	10
	Оксид углерода	100	30	20	10
	Углеводороды	100	35	25	15
	Суммарные	100	50	30	12
	Средства снижения выбросов	—	Окислительная СНОГ, неэтилированный бензин	Трехкомпонентная СНОГ, малотоксичный рабочий процесс	СНОГ нового поколения, малотоксичный рабочий процесс, система управления по предельно обедненной рабочей смеси
Дизели	Оксиды азота	100	100	80	15
	Оксид углерода	100	30	20	15
	Углеводороды	100	35	26	15
	Твердые частицы	100	30	20	10
	Суммарные	100	42	30	15
	Средства снижения токсичности	—	КНГ, СФ	КНГ, СФ, РОГ	КНГ, СФ, РОГ, малотоксичный рабочий процесс

Анализ состояния проблемы загрязнения атмосферного воздуха автотранспортом у нас и за рубежом позволяет сделать вывод о необходимости специальной комплексной Государственной программы по снижению выбросов вредных веществ от всей гаммы автомобилей, выпускаемых заводами и находящимися в эксплуатации, включая программу проведения НИР, ОКР и капитальные вложения в сферы производства и эксплуатации.

За рубежом, в первую очередь в США, Японии и Западной Европе, дальнейшее снижение загрязнения атмосферы автотранспортом будет достигаться посредством повышения качества и социально-экологических характеристик автомобилей и ДВС, снижения расхода топлива автомобилями (по нормам SAFE в США планируется снизить его на 40%), ускоренного

развития электромобилей и автомобилей, работающих на альтернативных топливах, изъятия из эксплуатации автомобилей выпуска до 1983 г., регулирования цен на топливо, разработки и внедрения интеллектуальной транспортной системы. Последнее направление — система «Ali Scout», схема которой приведена на рис. 1.4. Такая система может выдавать рекомендации по оперативному управлению дорожным движением и в условиях интенсивного транспортного потока позволяет до двух и более раз снизить эксплуатационный расход топлива и выбросы вредных веществ.

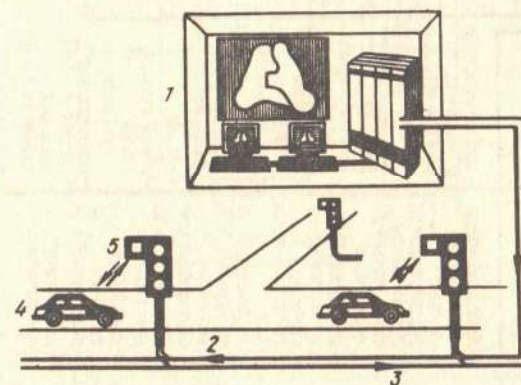


Рис. 1.4. Схема системы «Ali Scout» фирмы «Сименс» по формированию и передаче маршрутных рекомендаций: 1 — центральный компьютер; 2 — рекомендации по выбору маршрута; 3 — время движения; 4 — блок управления в автомобиле; 5 — инфракрасное устройство (приемопередатчик)

В нашей стране должны быть первоочередными разработка и внедрение совершенных (с позиций социальной экологии и расхода топлива) моделей автомобилей и двигателей, систем очистки отработавших газов, более «экологически чистых» топлив и масел, внедрение электронных систем управления, машин, работающих на альтернативных топливах, электромобилей и т. д. Схема основных направлений и мероприятий по снижению токсичности и дымности ОГ автотранспортных ДВС приведена на рис. 1.5, а на рис. 1.6 — характер увеличения стоимости автомобиля в зависимости от эффективности некоторых систем снижения токсичности ОГ.

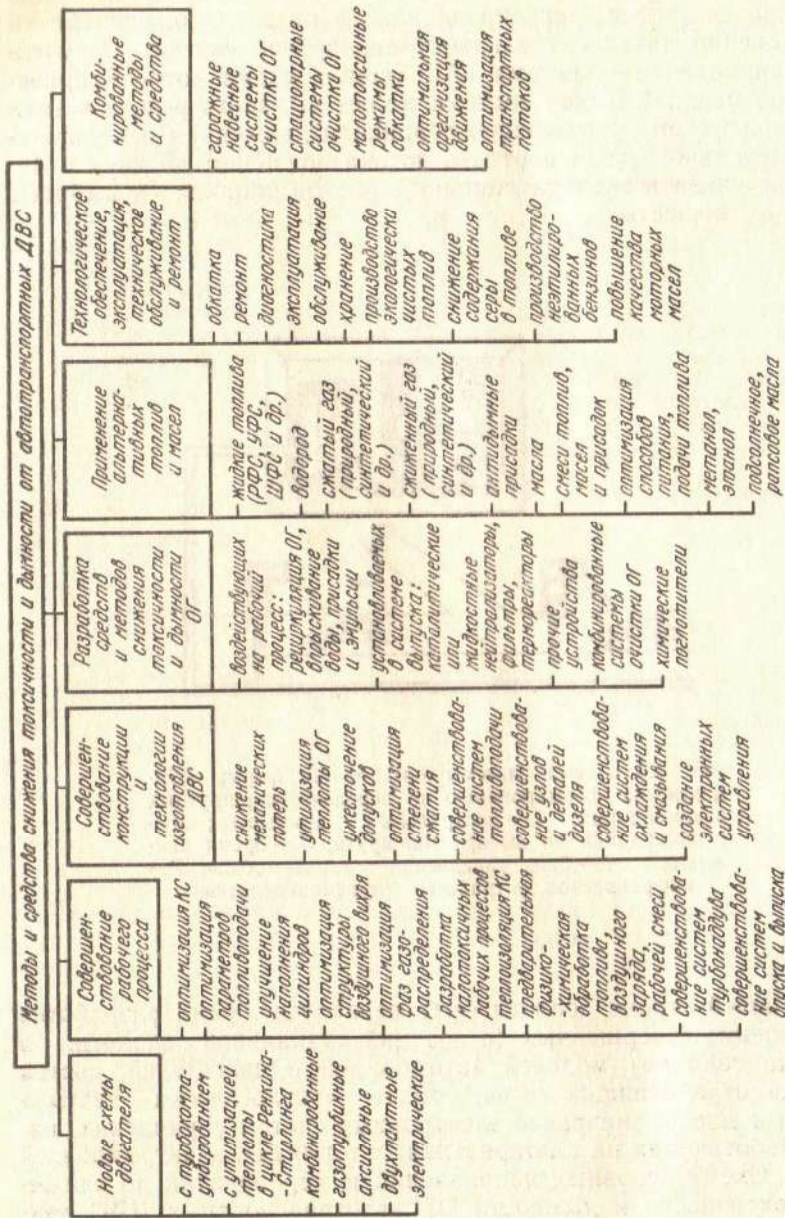


Рис. 15. Схема основных направлений и мероприятий по снижению токсичности и дымности ОГ автотранспортных ДВС

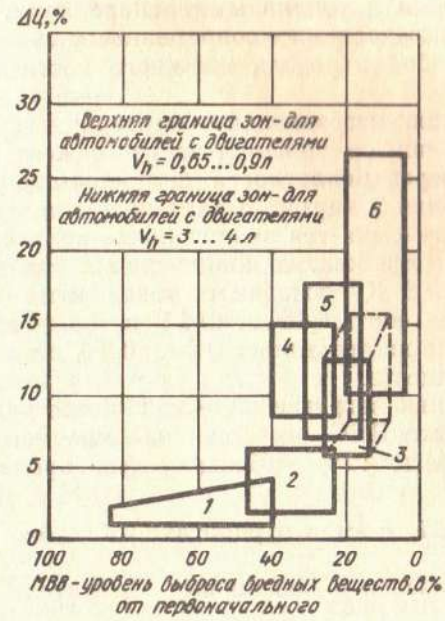


Рис. 1.6. Увеличение стоимости автомобиля (ΔЦ, %) в зависимости от эффективности применяемых систем снижения токсичности двигателей с искровым зажиганием: V_h — литраж двигателя; 1 — оптимизация конструкций и регулировок; 2 — элементы управления двигателем на основе электроники; 3 — двигатель с форкамерно-факельным зажиганием (— — серийный; --- — опытный); 4 — двигатель на газообразном топливе; 5 — окислительный нейтрализатор; 6 — бифункциональный нейтрализатор

2. ТОКСИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ

2.1. Источники выбросов

Атмосферный воздух загрязняется токсичными веществами из различных источников. К этим веществам можно отнести газы и аэрозоли, образующиеся в антропогенных (связанных с человеческой деятельностью) и естественных (природных) источниках. По оценкам специалистов США, Японии, ФРГ и Швеции, транспортные и стационарные источники выбрасывают примерно равные по массе количества токсичных веществ. В СНГ примерно 62% токсичных веществ выделяют стационарные источники и лишь 38% — транспортные. Естественные источники выбрасывают в атмосферный воздух до 90% СО и СО₂, до 75% углеводородов и 85% твердых частиц.

Автотракторные двигатели внутреннего сгорания загрязняют атмосферу вредными веществами, выбрасываемыми с ОГ,

картерными газами и топливными испарениями. До 95% токсичных веществ, выделяемых современными двигателями с ОГ, представляют собой аэрозоли сложного состава (более 1000 компонентов).

Второй источник загрязнений — картерные газы (КГ), которые образуются при смешивании части свежего заряда и ОГ, прорвавшихся через неплотности цилиндро-поршневой группы из камеры сгорания в картер, с парами масла и топлива. С КГ в атмосферу выбрасывается значительное количество углеводородов (до 40%), так как их концентрация там в 15...20 раз выше, чем в ОГ. В КГ основными токсичными компонентами являются оксиды азота (45...80%) и альдегиды (до 30%). Доля КГ в дизеле не превышает 0,2...0,3% суммарного выброса токсичных веществ.

Третий источник загрязнения — топливные испарения, которые от бензинового ДВС, естественно, выше, чем от дизеля, и составляют от 4 до 12% выброса углеводородов.

2.2. Состав отработавших газов

Состав ОГ дизелей и бензиновых двигателей отражен в табл. 2.1

Таблица 2.1

Состав ОГ ДВС

Компонент	Концентрация, % (по массе)		Характеристика токсичности
	Бензиновый двигатель	Дизель	
Азот	74...77	74...78	—
Кислород	0,3...8,0	2,0...18	—
Водяной пар	3,0...5,5	0,5...9,0	—
Диоксид углерода	5,0...12,0	1,0...12,0	Малотоксичен
Оксид углерода	0,5...12,0	0,005...0,4	Токсичен
Оксиды азота	0,01...0,8	0,004...0,5	»
Углеводороды	0,2...3,0	0,009...0,3	»
Альдегиды	0...0,2	0,001...0,009	»
Сажа (г/м ³)	0...0,04	0,01...1,1	»
Бенз (а) пирен (мкг/м ³)	0,0...20,0	0,0...1,0	Обладает канцерогенными свойствами

Можно отметить две тенденции при изучении состава ОГ: определение группового состава и определение конкретных индивидуальных веществ. Работы первого направления позволяют подготовить и обосновать данные для нормирования и контроля содержания групп веществ при применении устройств, понижающих их количество в ОГ ДВС. Целью работ второго

направления является изучение индивидуального состава ОГ, что позволяет достаточно обоснованно подойти к выбору средств и методов, обеспечивающих снижение их концентраций до заданного уровня.

Существуют и другие задачи, для решения которых недостаточно знания группового состава ОГ, например, для анализа возможности удаления из них токсичных веществ какой-либо системой очистки важно знать свойства конкретных соединений.

Отработавшие газы дизелей представляют собой сложную, многокомпонентную смесь газов, паров и капель жидкостей и твердых частиц. Состав ОГ дизелей подобен составу ОГ других типов двигателей, использующих углеводородное топливо, а их отличия связаны с разными условиями горения. В частности, при использовании углеводородных топлив нефтяного происхождения и атмосферного воздуха в качестве окислителя ОГ дизелей на 99...99,9% состоят из продуктов полного сгорания топлива (CO₂ и H₂O) и воздуха с пониженным содержанием кислорода.

Токсичность ОГ дизелей определяется в основном остальными компонентами, веществами, образующимися в результате термического синтеза из воздуха при высоких температурах (NO_x), а также продуктами неполного сгорания топлива (несгоревшие углеводороды, оксид углерода, спирты, кетоны, кислоты, сернистый ангидрид, частицы сажи, продукты конденсации и полимеризации). Кроме продуктов сгорания топлива, в ОГ дизелей в существенно меньших количествах присутствуют также пары смазочного масла, вещества, образующиеся из присадок к топливу и маслу, а также твердые частицы, в частности в ОГ как бензиновых двигателей, так и дизелей найдены многочисленные элементы из материалов конструкции двигателя (Fe, Ni, Cu, Zn, Cr).

Вид и цвет отработавших газов дизелей изменяются от прозрачного вида через белый и синий цвета до черного в зависимости от условий работы и состояния двигателя. Вследствие плохих условий воспламенения в процессе пуска (в некоторых случаях и при работе непрогретого двигателя на холостом ходу) ОГ содержат значительное количество несгоревших углеводородов, окрашивающих их в белый цвет (белый дым). При большом угаре масла ОГ могут быть окрашены в голубой цвет (голубой дым). При максимальных нагрузках в ОГ содержится значительное количество частиц сажи, окрашивающих их в черный цвет (черный дым). Кроме аэрозолей, ОГ могут содержать водяной туман, в котором растворяются их компоненты (например, SO₃ с образованием тумана серной кислоты).

В табл. 2.2 приведен количественный состав ОГ дизелей, полученный в результате обобщения опубликованных ранее материалов.

Количественный состав ОГ дизелей

Таблица 2.2

Название (или класс) вещества	Содержание в ОГ, % (по объему)	Качественная характеристика токсичности	Порог восприятия запаха, мг/л	Класс опасности	ПДК, мг/м ³		
					рабочей зоны (р. з.)	максимальная разовая (м. р.)	среднесуточная (с.с.)
Азот	74...78	—	—	—	—	—	—
Кислород	2...18	—	—	—	—	—	—
Диоксид углерода	1...12	н, рс, у, сс	—	—	—	—	—
Вода	0,5...9	—	—	—	—	—	—
Оксид углерода	0,005...0,4	кя, нс	—	4	20	3	1
Оксиды азота в пересчете на NO ₂	0,004...0,5	—	0,0002...0,008	2	5	0,085	0,085
NO	0,004...0,5	кя, нс, п, кт	—	—	—	—	—
NO ₂	0,00013...0,013	рс, о, п	—	—	2	—	—
Оксиды серы	0,005...0,05	—	—	—	—	—	—
SO ₂	0,0018...0,02	рс, кя, кт, п, г	0,00087...0,003	3	10	0,5	0,05
SO ₃	2...3% содержания SO ₂	рс, сс, нс	—	2	1	—	—
Углеводороды: в пересчете на С	0,009...0,3	с, рс, г, н, сс, кя, нс, кт, п, по	0,0007...0,6	2...4	5...300	1,4...200	1...25
в пересчете на C ₃ H ₈	0,00023...0,017	с, о, г, н, ня, нс, рс, п, по	0,00007...0,004	2...3	0,2...5	0,01...3,0	0,01...5
Альдегиды в пересчете на C ₃ H ₆ O	0,0001...0,0019	о, рс, нс, п, по, с	0,00007...0,0004	2	0,5	0,035	0,003
Формальдегид	0,00010...0,00013	рс, нс	0,00007	2	0,2	0,03	0,03
Акролен	0,05...1 мкг/м ³	к	—	1	0,00015	—	1-10-5
Бенз(а)пирен	0,01...1,1 г/м ³	—	—	3	4	0,15	0,05
Сажа	—	—	—	—	—	—	—

Примечания: 1. Значение ПДК р. з. для сажи относится к черным промышленным сажам с содержанием бенз(а)пирена не более 35 мг на 1 кг. 2. Принятые в таблице обозначения: о — общее токсическое действие; г — поражение зрительного нерва и сетчатки глаза, помутнение хрусталика, ожоги роговицы; к — канцерогенность; кт — яды, действующие на кроветворение; ки — кровяные яды, вызывающие изменение состава крови; н — наркотики; нс — поражение нервной системы; ня — нервные яды, вызывающие судороги и параличи; п — поражение печени; по — поражение почек; пт — поражение пищеварительного тракта; рс — раздражение слизистых оболочек глаза и дыхательных путей; с — участие в образовании смога; сс — поражение сосудистой системы; у — ухудшающее действие.

В результате такого обобщения наряду с ранее широко известными для ОГ дизелей классами органических соединений (углеводородами, альдегидами, кетонами, кислотами, фенолами) выявлены менее известные (спирты, нитрофенолы, эфиры фенолов, сложные эфиры, гетероциклические соединения).

Кроме 10 классов органических соединений, в ОГ дизелей обнаружен также класс нитропиренов (нитропроизводные углеводородов), являющихся потенциальными канцерогенами. Нитропирены найдены вместе с бенз(а)пиреном в дихлорэтановом экстракте из выбросов частиц ОГ дизелей.

Токсичные характеристики для индивидуальных (конкретных) компонентов и из отдельных групп, содержащихся в ОГ, представленные в табл. 2.2, даны по материалам ранее опубликованных работ; для классов углеводородов и альдегидов они получены обобщением значений для индивидуальных веществ.

Можно различать общее токсическое действие ядов (политропное), когда одновременно поражается ряд систем и органов (например, сердечно-сосудистая система, нервная система, печень, почки и т. д.), и специфическое действие, когда определенная система поражается первой (например, раздражение верхних дыхательных путей и легких при минимальных дозах и концентрациях яда).

В табл. 2.2 приведены примеры токсического воздействия веществ, проявляющегося в основном при вдыхании их паров (отравления через кожу не отмечалось). Для жидких и твердых веществ во многих случаях отмечены токсические свойства, проявляющиеся при вдыхании смеси паров и аэрозоля или пыли.

Следует отметить имеющиеся данные о канцерогенности многоядерных ароматических соединений (ПАУ). Более подробно о токсичности компонентов ОГ изложено в разд. 2.3.

Порог восприятия запаха. Значения порога восприятия запаха компонентов ОГ дизелей, сообщаемые разными авторами, получены нестандартными методами и могут рассматриваться лишь как ориентировочные. Запах — труднооцениваемый параметр. Измерение его органолептическим методом (с помощью людей-анализаторов) носит субъективный характер. Приведенные в табл. 2.2 значительные интервалы значений порога восприятия запаха связаны с разной восприимчивостью к нему разных людей.

Пороговость всех типов токсического действия — основной принцип отечественной гигиены и профилактической токсикологии, лежащей в основе установления величин ПДК. Следует отметить, что за известными пределами концентраций химическое вещество перестает быть ядом и не производит на организм ранее свойственного ему вредного действия.

Запах ОГ дизелей зависит от присутствия в них многих веществ. Химическая идентификация компонентов запаха пока еще не доходит до уровня отдельных соединений.

Нормы и показатели класса опасности вредных веществ

Наименование показателя	Нормы для класса опасности			
	1-го	2-го	3-го	4-го
Предельно допустимая концентрация в воздухе рабочей зоны (ПДК _{р.з.}), мг/м ³	Менее 0,1	0,1 ... 1	1,1 ... 10	Более 10
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	Менее 15	15 ... 150	151 ... 5 000	Более 5 000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу, мг/кг	Менее 100	100 ... 500	501 ... 2 500	Более 2 500
Средняя смертельная концентрация в воздухе, мг/м ³	Менее 500	500 ... 5 000	5 001 ... 50 000	Более 50 000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	Более 300	300 ... 30	29 ... 3	Менее 3

В литературе встречаются данные о том, что наибольший вклад в запах ОГ дизелей вносят альдегиды. Концентрация альдегидов изменяется в зависимости от условий работы двигателя, что сказывается на запахе. Особенно неприятен он во время холодного запуска и работы дизеля в холодном окружающем воздухе, а минимум интенсивности запаха наблюдается на средних режимах работы при частичной нагрузке. Заметного влияния состава топлива и типа дизеля на запах ОГ не обнаруживается. Алкены и сернистые соединения содержатся в ОГ дизелей в столь малых концентрациях, что не могут быть «ответственными» за запах.

Поскольку иногда один и тот же запах в зависимости от концентрации вещества или определения его разными людьми воспринимается по-разному и нет возможности четко разделить все запахи на какие-либо группы (приятные, неприятные и т. п.), наиболее важной представляется количественная характеристика — порог восприятия запаха.

Токсичность и опасность. Основные определения. Яд — это химический компонент среды обитания, поступающий в количестве, не соответствующем врожденным или приобретенным свойствам организма, и поэтому несовместимый с его жизнью.

Токсичность веществ, по определению И. В. Санюцкого, — это мера несовместимости веществ с жизнью организма. При таком определении понятно применение способа измерения токсичности как величины, обратной смертельной дозе (концентрации).

Опасность вещества — более широкое понятие, это вероятность возникновения отравления данным веществом в реальных условиях его производства или применения. Вредное вещество — это такое вещество, которое при контакте с организмом человека в случае нарушения требований безопасности может вызвать производственные травмы, отравления, профессиональные заболевания и отклонения в состоянии здоровья, обнаруживаемые современными методами как в процессе работы, так и в отдаленные периоды жизни настоящего и последующих поколений.

Классы опасности. ГОСТ 12.1.007—76 устанавливает классификацию вредных веществ по обобщенной количественной характеристике токсичности и опасности (классу опасности).

По степени воздействия на организм вредные вещества подразделяют на четыре класса опасности:

- 1-й — вещества чрезвычайно опасные;
- 2-й — вещества высокоопасные;
- 3-й — вещества умеренно опасные;
- 4-й — вещества малоопасные.

Класс опасности вредных веществ устанавливается в зависимости от норм и показателей, указанных в табл. 2.3. В эту таблицу входят показатели токсичности и опасности, а также

ПДК рабочей зоны. Отнесение вредного вещества к определенному классу опасности производится по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности.

Термины и определения. Средняя смертельная доза при введении в желудок — доза вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном введении в желудок.

Средняя смертельная концентрация в воздухе — концентрация вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при двух-, четырехчасовом ингаляционном воздействии.

Средняя смертельная доза при нанесении на кожу — доза вещества, вызывающая гибель 50% подопытных животных при однократном нанесении на кожу.

Коэффициент возможности ингаляционного отравления — отношение максимально достижимой концентрации вредного вещества в воздухе при 20° С к средней смертельной концентрации вещества для мышей.

Зона острого действия — отношение средней смертельной концентрации вредного вещества к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций.

Зона хронического действия — отношение минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей изменение биологических показателей на уровне целостного организма, выходящих за пределы приспособительных физиологических

реакций, к минимальной (пороговой) концентрации, вызывающей вредное действие в хроническом эксперименте по 4 ч, пять раз в неделю на протяжении не менее четырех месяцев.

Предельно допустимые концентрации. Предельно допустимая концентрация вредных веществ в воздухе рабочей зоны (ПДК_{р.з.}) — это концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч или при другой продолжительности, но не более 41 ч в неделю, в течение всего рабочего стажа не может вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки (периоды) жизни настоящего и последующих поколений. Рабочая зона — это пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которых находятся места постоянного или временного пребывания работающих.

Величины ПДК_{р.з.} для компонентов ОГ дизелей в табл. 2.2 даны по ГОСТ 12.1.005—76.

Что касается предельно допустимых концентраций вредных веществ в атмосфере — максимальной разовой (ПДК_{м.р.}) и среднесуточной (ПДК_{с.с.}), то в настоящее время нет утвержденного определения этих величин. Однако допустимым для атмосферы может быть признано только такое содержание вещества (концентрация), которое не оказывает на человека прямого или косвенного вредного и неприятного действия, не снижает его работоспособности, не влияет на его самочувствие или настроение. Нормативы, разработанные для помещений промышленных предприятий, не могут быть перенесены на атмосферу. ПДК для воздуха жилых районов должны быть значительно ниже, так как рабочий в цехе подвергается действию тех или иных вредных веществ только в течение рабочего дня, население же в жилых районах дышит загрязненным воздухом постоянно. Следует учитывать также меньшую устойчивость детского организма, пониженную сопротивляемость к вредным воздействиям пожилых, ослабленных и больных людей.

Время усреднения для ПДК_{м.р.} — 20...30 мин, для ПДК_{с.с.} — 24 ч. Величины ПДК_{м.р.} и ПДК_{с.с.} для компонентов ОГ дизелей в табл. 2.3 даны по списку, утвержденному в свое время Минздравом СССР.

При одновременном содержании в воздухе рабочей зоны или в атмосферном воздухе нескольких вредных веществ одностороннего действия сумма отношений фактических концентраций каждого из них (C_1, C_2, \dots, C) в воздухе к их ПДК (ПДК₁, ПДК₂... ПДК) не должна превышать единицы

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} \dots + \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1. \quad (2.1)$$

Примечание. Отношение $C/\text{ПДК}$ называется относительной концентрацией.

При одновременном содержании в воздухе нескольких вредных веществ, не обладающих односторонним действием, ПДК остаются такими же, как и при изолированном действии. Недостаточная изученность токсичности компонентов ОГ дизелей не позволяет обоснованно подойти к разрешению проблемы комплексной количественной оценки токсичности ОГ как сложной смеси веществ.

Вместе с тем можно обозначить следующие задачи, решение которых требует обоснования количественного критерия* токсичности ОГ:

социально-экологическая оценка эффективности регулирования двигателя, изменяющих соотношение концентраций токсичных компонентов в ОГ;

оценка эффективности различных способов очистки ОГ;

расчет экономического эффекта от снижения токсичности ОГ различными способами;

расчет токсичности ОГ автомобиля (трактора и др.);

сравнительная оценка токсичности ОГ двигателей разных типов;

оценка загрязнения атмосферы выбросами двигателей и т. п.

Существуют два альтернативных подхода к выбору количественного критерия токсичности ОГ на основе измеренных концентраций: суммарная оценка и оценка по наихудшему показателю. Для обоснования наиболее пригодного подхода в том или ином случае следует использовать формулу (2.1), которая определяет условие безвредности смеси веществ одностороннего действия. Сумму относительных концентраций веществ в этом случае можно использовать для расчета минимального количества свежего воздуха, потребного для разбавления смеси до безопасного состояния (например, если указанная сумма равна 3, смесь нужно разбавить минимум втрое, т. е. добавить к ее объему 2 объема свежего воздуха, эту же сумму следует принять и за критерий токсичности смеси).

Этот критерий в соответствии с данным выше определением является количественным, поскольку он позволяет вычислить, во сколько раз смесь веществ токсичнее предельно допустимого значения, а также показывает, во сколько раз смесь веществ одного состава токсичнее смеси веществ другого состава.

При отсутствии одностороннего действия условие безвредности смеси веществ заключается в том, чтобы не сумма относительных концентраций, а относительная концентрация каждого вещества отдельно не превышала единицы, т. е. $C_i/\text{ПДК}_i \leq 1$. В этом случае минимальное количество свежего

* Под количественным критерием токсичности следует понимать величину, показывающую, насколько токсична смесь определенного состава, т. е. во сколько раз ее токсичность выше или ниже установленного предела и во сколько раз она токсичнее смеси другого состава.

воздуха, необходимого для разбавления смеси до безвредного по санитарным нормам состояния, следует рассчитывать по наибольшему значению относительной концентрации ее компонентов. При наличии преобладающей относительной концентрации одного вещества в смеси этого количества будет с избытком достаточно для разбавления других веществ.

Наибольшее значение относительной концентрации компонента смеси можно принять и за критерий ее токсичности, который позволяет количественно оценить токсичность одного компонента, но не является количественным критерием токсичности смеси.

Сумма относительных концентраций веществ при отсутствии их одностороннего действия также не может служить количественным критерием токсичности, поскольку ее значение не показывает, во сколько раз она превышает допустимый предел (этого предела не существует). Иными словами, по значению указанной суммы нельзя определить, во сколько раз нужно разбавить смесь свежим воздухом, чтобы довести ее до безопасного состояния. Иногда за допустимый предел суммы относительных концентраций принимается число компонентов смеси. Однако это является необходимым, но недостаточным условием оценки безопасности; кроме выполнения этого условия, как уже было сказано, относительная концентрация отдельно каждого компонента не должна превышать единицы.

Сравнение суммы относительных концентраций компонентов с их числом может привести к выводу о безвредности смеси в то время, когда по одному из компонентов она токсична сверх нормы. Аналогичная ситуация возможна и при вычислении количества свежего воздуха, необходимого для разбавления смеси до безвредного состояния.

Существуют и другие трактовки идеи относительно использования суммы относительных концентраций веществ в качестве количественного критерия токсичности газовых смесей.

По сведениям о комбинированном действии ядов применительно к воздуху рабочей зоны одностороннее действие на организм человека оказывают следующие группы веществ из ОГ дизелей: CO_2 и CO нарушают дыхание тканей (первая группа); оксиды азота; оксиды серы, альдегиды оказывают раздражающее действие (вторая группа); углеводороды оказывают наркотическое и другие вредные действия (третья группа).

Кроме того, было обнаружено усиление действия CO и оксидов азота при их совместном присутствии как в опытах при смертельных концентрациях, так и при концентрациях ниже ПДК рабочей зоны. Токсичность NO_x в присутствии CO возрастает в три, а токсичность CO в смеси с NO_x — в полтора раза. Для этого случая вместо формулы (2.1) предлагается выражение

$$\frac{1,5C_{\text{CO}}}{\text{ПДК}_{\text{CO}}} + \frac{3C_{\text{NO}_x}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_x}} \leq 1, \quad (2.2)$$

которое не вносит каких-либо дополнительных трудностей в вопрос об оценке токсичности суммы веществ.

Таким образом, ОГ дизелей включает в себя смесь вредных веществ, часть которых действует на организм одновременно, а два вещества обладают сложным действием.

Основные нормируемые в ОГ дизелей компоненты (оксид углерода, оксиды азота и углеводороды), вместе взятые, не обладают односторонним действием.

Условие безвредности ОГ дизелей (а также и любых других продуктов горения нефтяного топлива) заключается в том, чтобы суммы относительных концентраций веществ одностороннего действия, сумма относительных концентраций CO и NO_x в соответствии с выражением (2.2) и относительные концентрации других веществ не превышали единицы.

2.3. Токсичность компонентов отработавших газов

Общие сведения. Снижение токсичности и дымности ОГ, вызывающих загрязнение атмосферы вредными веществами, является одной из важнейших проблем. Вредные выбросы ОГ дизелей отрицательно воздействуют на здоровье людей и животных, вызывают повреждения растений, ускоряют коррозию металлов и вызывают преждевременное разрушение строительных материалов, ухудшают видимость для водителей всех видов транспорта.

Наиболее опасны для человека, животного и растительного мира оксиды азота, сажа, альдегиды, оксид углерода, углеводороды, бенз(а)пирен, оксиды серы, аммиак, диоксид углерода, а также запах и слезоточивое действие ОГ.

Рядом исследований доказано, что продукты сгорания топлива накапливаются в воде, растениях, на сооружениях и в почве. В воздухе они часто превращаются в другие вещества, которые в определенных условиях могут быть даже более токсичными, чем исходные продукты.

Серьезную проблему представляет повышение локальных концентраций токсичных компонентов ОГ в зонах работы персонала в производственных помещениях. Это в полной мере относится к составу воздуха как в кабинах машин, тракторов, самоходных шасси, комбайнов, так и в цехах, шахтах, карьерах, животноводческих комплексах, парниках, складах, хранилищах и других местах с ограниченным воздухообменом.

Установленные на отечественных грузовых и дорожных машинах, тракторах кабинные вентиляторы не обеспечивают в жаркое время года необходимого улучшения условий труда.

Наличие токсичных компонентов ОГ в кабинах приводит к кислородному голоданию организма и особенно вредно воздействует на центральную нервную систему обслуживающего персонала, в результате чего производительность труда может значительно снизиться.

Оксиды азота NO_x . Известны около 10 различных оксидов азота. В ОГ дизеля 95...98% приходится на NO , а 2...5% — на NO_2 . Содержание других оксидов азота в ОГ ничтожно мало. В атмосфере при нормальных условиях NO (бесцветный газ, очень плохо растворяется в воде) окисляется до NO_2 (газ красновато-бурого цвета с характерным запахом, тяжелее воздуха) и N_2O_4 .

Оксиды азота, взаимодействуя с парами воды, находящимися в воздухе, образуют азотную кислоту, которая разрушает легочную ткань, вызывая хронические заболевания. По мере увеличения загрязнения воздуха оксидами азота усиливается их влияние на организм человека — наблюдаются необратимые изменения в сердечно-сосудистой системе и патологическое состояние беспокойства. В соединении с углеводородами они образуют токсичные нитроолефины. Влияние оксидов азота на организм человека нельзя ослабить никакими нейтрализующими средствами. При хроническом отравлении возникают воспалительные заболевания слизистой оболочки верхних дыхательных путей, хронические бронхиты, реже — мышечная и сердечная слабость, нервные расстройства.

Поглощая естественную фоновую радиацию в ультрафиолетовой и видимой частях спектра оксиды азота снижают прозрачность атмосферы и участвуют в образовании фотохимического тумана (смога), состоящего из фотохимических оксидантов и озона.

NO и NO_2 непосредственно на металлы не воздействуют, но образующаяся в атмосфере азотная кислота вызывает коррозию металлов.

Оксид углерода CO . Это бесцветный газ без запаха, очень плохо растворяется в воде, с воздухом образует взрывчатые смеси. С металлами, щелочами и водой во взаимодействие не вступает.

Механизм токсического действия CO на организм довольно сложен. Он вытесняет кислород из оксигемоглобина крови, образуя карбоксигемоглобин, что приводит к снижению способности крови переносить кислород от легких к тканям. Основные симптомы отравления: потеря сознания, судороги, одышка, удушье. Если концентрация CO невелика, то сначала появляются субъективные ощущения, которые могут служить предостережением об опасности, голова становится тяжелой, появляется ощущение сдавливания лба, сильная боль во лбу, «туман» в глазах, ощущение пульсации в висках. В дальнейшем наступает головокружение, шум в ушах, дрожь, чувство

слабости, рвота, учащается пульс. При дальнейшем отравлении притупляется сознание, развивается состояние слабости, равнодушия, затем нарастают сонливость, оцепенение, теряется сознание и может наступить смерть.

В условиях производственного контакта при постоянном воздействии CO характерно многообразие симптомов. Типичны жалобы на головную боль, быструю утомляемость, головокружение, сонливость, раздражительность, боли в области сердца, неустойчивость эмоциональной сферы.

Особое внимание следует обращать на возможность наиболее распространенного типа хронического отравления небольшими дозами CO при концентрации, близкой к 0,01%. Такого рода отравления характерны для водителей и других людей работающих в условиях с ограниченным воздухообменом.

Углеводороды. Это самая многочисленная группа соединений, являющихся представителями гомологических рядов алканов, алкенов, алкадиенов, цикланов, полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), в том числе канцерогенного бенз(а)пирена. Углеводороды парафинового и олефинового рядов имеют неприятный запах и вызывают раздражающее действие, а также многочисленные хронические заболевания. Ряд ароматических углеводородов обладает сильными отравляющими свойствами, воздействует на процессы кроветворения, центральную нервную и мышечную системы. Углеводороды алифатического типа менее вредны, но могут оказывать наркотическое действие. Алкены, этилен, пропилен, бутан обладают неприятным запахом, оказывают раздражающее действие на слизистые оболочки.

В состав смога входят фотооксиданты, в том числе оксиды азота, пероксиацетилнитраты, озон, органические пероксиды, свободные радикалы и т. д. Эти вещества обладают сильными окислительными свойствами, оказывают общетоксическое и раздражающее действие, снижают видимость в атмосфере и вызывают повреждение растительного покрова.

Бенз(а)пирен (БП) и другие ПАУ. Бенз(а)пирен в нормальных условиях — это кристаллическое вещество, температура его плавления 179°C , кипения — около 310°C , он возгоняется при 70°C , плохо растворяется в воде.

Проблема предотвращения загрязнения окружающей среды канцерогенными ПАУ выходит за рамки крупных промышленных городов. Повышенное содержание БП наблюдается повсеместно, причем отмечено сезонное колебание его концентрации в почве сельскохозяйственных угодий. Так, при изучении динамики изменения содержания БП на контрольных полях Павлодарской и Ферганской областей его содержание в почве на глубине до 10 см в течение летнего периода увеличилось на 2,2...3,5 мкг/кг. Опасность подобного загрязнения заключает-

ся в возможности перехода БП в возделываемые культуры, а затем в организм человека.

Формальдегид НС(О)Н. Этот газ не имеет цвета, но обладает резким запахом, легко растворяется в воде. Действие формальдегида на организм человека характеризуется раздражающим и общетоксичным влиянием на центральную нервную систему, он поражает внутренние органы, и негативно воздействует на некоторые ферменты.

Акролеин. Это летучая жидкость без цвета, с удушливым запахом подгоревших жиров, температура кипения 52,4° С, легко растворяется в воде. В больших концентрациях смертелен для человека.

Сажа. Свойства сажи обусловлены не углеродом, а присутствием канцерогенных ПАУ. Наличие сажи в ОГ приводит к появлению неприятного ощущения загрязненности воздуха и ухудшает видимость, частицы сажи оказывают вредное воздействие на дыхательные органы человека. Относительно крупные частицы размером от 2 до 10 мкм из организма выводятся легко, а мелкие размером от 0,5 до 2 мкм в легких задерживаются и вызывают аллергию дыхательных путей.

Сернистый ангидрид (диоксид серы) SO₂. Это газ без цвета с острым запахом, хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту. По этой причине при вдыхании воздуха с SO₂ наблюдается раздражающее действие на верхние дыхательные пути. Кроме того, нарушается белковый обмен и ферментативные процессы, наблюдается раздражение глаз и кашель.

Воздействие на сельскохозяйственные культуры и растения. Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферы свекла, злаки, бобовые, салатные культуры, виноград и др. В частности, допустимая средняя концентрация оксидов азота, не приводящая к поражению листьев этих растений в течение 0,5 ч, равна 0,8 мг/м³. Наличие NO₂ в атмосфере приводит к протеканию фотохимических реакций и образованию в качестве вторичных продуктов озона O₃ и пероксиацетилнитрата, вредное действие которых на листья растений проявляется при довольно низких концентрациях NO₂. Концентрация его в воздухе свыше 4 мкг/м³ приводит к серьезному повреждению растений, которые также весьма чувствительны к загрязнению воздуха диоксидом серы, разрушающей хлорофилл. Растения, ежегодно сбрасывающие листву, легче переносят такое загрязнение атмосферы, чем хвойные. При концентрации SO₂ в воздухе, равной 0,015... 0,035 мг/м³ уменьшение прироста древесной массы хвойных деревьев составляет примерно 20% из-за снижения интенсивности фотосинтеза без изменения интенсивности дыхания хвои. При концентрации SO₂ от 0,23 до 0,32 мг/м³ нарушение фотосинтеза и дыхания хвои вызывает усыхание, например, сосны за 2...3 года. Концентрации же 0,08...0,1 мг/м³ в летнее вре-

мя, а 0,2 мг/м³ в зимнее время приводят к постепенной, но неизбежной гибели большинства растений.

Загрязнение атмосферы отработавшими газами приводит к накоплению в сельскохозяйственных культурах канцерогенного БП. Наибольшее его количество найдено в пробах кочанной капусты, наименьшее — в пробах томатов. В хлебном зерне БП содержится в количестве от 0,68 до 1,44 мкг/кг.

3. ОБРАЗОВАНИЕ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Общие сведения. Концентрация отдельных компонентов в отработавших газах ДВС зависит от способа их образования или разложения, а также от ряда преобразований отдельных соединений в цилиндре и системе выпуска двигателя.

Существенное влияние на содержание вредных веществ в ОГ дизеля оказывают конструктивные и рабочие параметры. В табл. 3.1 представлены оценочные удельные выбросы ряда дизелей при их испытании по 13-ступенчатому циклу.

Таблица 3.1

Оценочные удельные выбросы дизелей

Эффективная мощность, кВт	Значения оценочных удельных выбросов, г/(кВт·ч)				
	Оксид углерода	Оксиды азота	Углеводороды	Альдегиды	Частицы
Четырехтактный двигатель с непосредственным впрыском без наддува					
25,3	13,6	11,8	2,6	0,7	0,8
39,4	5,7	9,1	4,2	0,55	0,8
42,0	7,9	26,6	4,1	0,55	0,14
42,7	6,7	22,7	4,2	—	—
50,0	7,6	12,9	3,1	0,4	0,3
53,8	7,7	9,4	0,8	—	—
Четырехтактный двигатель с непосредственным впрыском с турбонаддувом					
57,6	5,3	24,3	4,2	0,3	0,3
62,9	6,7	15,9	3,5	0,3	0,4
Предкамерный четырехтактный двигатель с турбонаддувом					
65,1	3,1	8,3	0,4	0,14	0,5
Двухтактный двигатель с непосредственным впрыском					
36,3	8,3	20,0	0,9	—	—

ся в возможности перехода БП в возделываемые культуры, а затем в организм человека.

Формальдегид НС(О)Н. Этот газ не имеет цвета, но обладает резким запахом, легко растворяется в воде. Действие формальдегида на организм человека характеризуется раздражающим и общетоксичным влиянием на центральную нервную систему, он поражает внутренние органы, и негативно воздействует на некоторые ферменты.

Акролеин. Это летучая жидкость без цвета, с удушливым запахом подгоревших жиров, температура кипения 52,4° С, легко растворяется в воде. В больших концентрациях смертелен для человека.

Сажа. Свойства сажи обусловлены не углеродом, а присутствием канцерогенных ПАУ. Наличие сажи в ОГ приводит к появлению неприятного ощущения загрязненности воздуха и ухудшает видимость, частицы сажи оказывают вредное воздействие на дыхательные органы человека. Относительно крупные частицы размером от 2 до 10 мкм из организма выводятся легко, а мелкие размером от 0,5 до 2 мкм в легких задерживаются и вызывают аллергию дыхательных путей.

Сернистый ангидрид (диоксид серы) SO₂. Это газ без цвета с острым запахом, хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту. По этой причине при вдыхании воздуха с SO₂ наблюдается раздражающее действие на верхние дыхательные пути. Кроме того, нарушается белковый обмен и ферментативные процессы, наблюдается раздражение глаз и кашель.

Воздействие на сельскохозяйственные культуры и растения. Наиболее чувствительны к загрязнению атмосферы свекла, злаки, бобовые, салатные культуры, виноград и др. В частности, допустимая средняя концентрация оксидов азота, не приводящая к поражению листьев этих растений в течение 0,5 ч, равна 0,8 мг/м³. Наличие NO₂ в атмосфере приводит к протеканию фотохимических реакций и образованию в качестве вторичных продуктов озона O₃ и пероксиацетилнитрата, вредное действие которых на листья растений проявляется при довольно низких концентрациях NO₂. Концентрация его в воздухе свыше 4 мкг/м³ приводит к серьезному повреждению растений, которые также весьма чувствительны к загрязнению воздуха диоксидом серы, разрушающей хлорофилл. Растения, ежегодно сбрасывающие листву, легче переносят такое загрязнение атмосферы, чем хвойные. При концентрации SO₂ в воздухе, равной 0,015... 0,035 мг/м³ уменьшение прироста древесной массы хвойных деревьев составляет примерно 20% из-за снижения интенсивности фотосинтеза без изменения интенсивности дыхания хвои. При концентрации SO₂ от 0,23 до 0,32 мг/м³ нарушение фотосинтеза и дыхания хвои вызывает усыхание, например, сосны за 2...3 года. Концентрации же 0,08...0,1 мг/м³ в летнее вре-

мя, а 0,2 мг/м³ в зимнее время приводят к постепенной, но неизбежной гибели большинства растений.

Загрязнение атмосферы отработавшими газами приводит к накоплению в сельскохозяйственных культурах канцерогенного БП. Наибольшее его количество найдено в пробах кочанной капусты, наименьшее — в пробах томатов. В хлебном зерне БП содержится в количестве от 0,68 до 1,44 мкг/кг.

3. ОБРАЗОВАНИЕ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ

Общие сведения. Концентрация отдельных компонентов в отработавших газах ДВС зависит от способа их образования или разложения, а также от ряда преобразований отдельных соединений в цилиндре и системе выпуска двигателя.

Существенное влияние на содержание вредных веществ в ОГ дизеля оказывают конструктивные и рабочие параметры. В табл. 3.1 представлены оценочные удельные выбросы ряда дизелей при их испытании по 13-ступенчатому циклу.

Таблица 3.1

Оценочные удельные выбросы дизелей

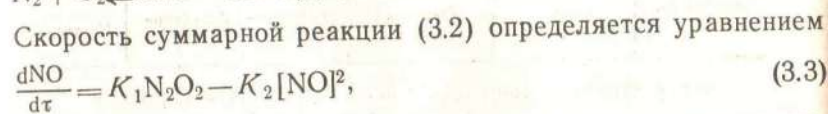
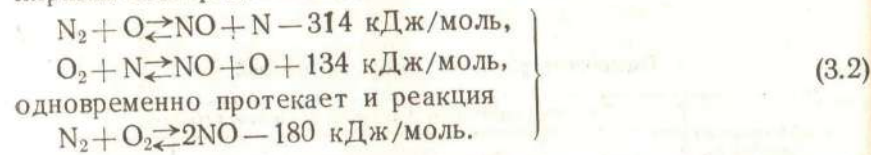
Эффективная мощность, кВт	Значения оценочных удельных выбросов, г/(кВт·ч)				
	Оксид углерода	Оксиды азота	Углеводороды	Альдегиды	Частицы
Четырехтактный двигатель с непосредственным впрыском без наддува					
25,3	13,6	11,8	2,6	0,7	0,8
39,4	5,7	9,1	4,2	0,55	0,8
42,0	7,9	26,6	4,1	0,55	0,14
42,7	6,7	22,7	4,2	—	—
50,0	7,6	12,9	3,1	0,4	0,3
53,8	7,7	9,4	0,8	—	—
Четырехтактный двигатель с непосредственным впрыском с турбонаддувом					
57,6	5,3	24,3	4,2	0,3	0,3
62,9	6,7	15,9	3,5	0,3	0,4
Предкамерный четырехтактный двигатель с турбонаддувом					
65,1	3,1	8,3	0,4	0,14	0,5
Двухтактный двигатель с непосредственным впрыском					
36,3	8,3	20,0	0,9	—	—

Из приведенных в таблице данных следует, что в ОГ дизелей наибольшие удельные выбросы приходятся на долю оксидов азота, оксида углерода и углеводородов. С учетом гигиенической оценки индивидуального состава ОГ дизелей можно выделить приведенные ниже группы токсичных веществ.

Оксиды азота. Несмотря на то что оксид азота NO и диоксид азота NO₂ обычно объединяются вместе как оксиды NO_x, в цилиндрах дизеля в значительных количествах образуется только NO. Общепринятой моделью его образования является модель, разработанная на основании теории Семенова — Зельдовича — Франк-Каменецкого, в соответствии с которой необходимое условие окисления NO — диссоциация молекулы кислорода, идущая с поглощением теплоты



Атомарный кислород взаимодействует с молекулой азота также с поглощением теплоты, а образовавшийся в результате эндотермической реакции атомарный азот реагирует с молекулярным кислородом с выделением теплоты



где N₂, O₂ — соответственно концентрации азота и кислорода, г/м³; [NO] — равновесная концентрация NO, г/м³; K₁, K₂ — константы скорости прямых и обратных реакций.

При условии dNO/dt = 0 равновесная концентрация оксида азота получается при известных значениях констант в виде

$$[\text{NO}] = 4,6 \sqrt{\text{O}_2 \text{N}_2} \exp\left(-\frac{90 \cdot 10^3}{RT}\right). \quad (3.4)$$

Из (3.4) следует, что равновесная концентрация NO более 1 г/м³ будет при температуре свыше 1600° С и удваивается при повышении температуры через каждые 200...250° С. В отличие от других токсичных компонентов ОГ, являющихся продуктами неполного сгорания топлива, его частичного окисления и термического разложения, образование NO не связано непосредственно с реакциями горения, а имеет термическую природу. Анализ реакции показывает, что атомы азота не начинают цепной реакции, так как их равновесная концентрация во время горения низка по сравнению с равновесной концентрацией атомарного кислорода. Поэтому в дизеле при горении локальное образование NO в области топливной струи связано с концентрацией

атомов кислорода, которая зависит от концентрации кислорода в каждой локальной зоне и температуры в ней.

В камере сгорания из-за низкой температуры смеси в конце такта сжатия NO не образуется. При горении топлива в ядре струи и пленки топлива на стенке цилиндра увеличивается средняя температура газов в цилиндре, что приводит к повышению концентрации NO в зонах бедной смеси и в оставшемся воздухе. В свою очередь, при более высокой температуре пламени в ядре образование NO зависит от локальной концентрации кислорода. Во время такта расширения уровень концентрации NO практически не изменяется, несмотря на снижение температуры в цилиндре двигателя.

Известно, что даже незначительные количества оксидов азота оказывают существенное влияние на пиролиз углеводородов и на фотохимические реакции, а также на процесс сгорания углерода. Поэтому наличие NO_x во впускном заряде может оказывать заметное влияние на характеристики этого процесса и на динамику образования токсичных веществ. Это влияние зависит от количеств NO_x, поступающих с остаточными газами во впускной заряд, а также от чувствительности различных процессов к воздействию NO_x.

В ОГ при температурах ниже 400° С оксид азота начинает окисляться



Во время рабочего процесса возможны реакции NO_x с CO₂, H₂O и CO. Однако легче идут реакции азота с водой или диоксидом углерода. Поэтому NO фактически единственный из оксидов азота, который играет определенную роль в процессе сгорания топлива в дизеле. Содержание NO в ОГ практически соответствует их образовавшемуся количеству при максимальных температурах цикла. Вид топлива не оказывает заметного влияния на образование NO при прочих равных условиях. Наибольшее количество NO образуется при работе двигателя на топливе с ароматическими углеводородами, а наименьшее — при работе на парафиновых топливах. Другие топлива в этом смысле являются промежуточными.

При больших температурах скорость реакции достаточно высока, и равновесие устанавливается быстро. В процессе расширения по мере уменьшения температуры скорость реакции быстро падает. Скорость распада NO является ограничивающим кинетическим параметром. Бимолекулярный механизм распада NO можно представить реакцией



При высоких температурах распад идет по механизму, предложенному Я. Б. Зельдовичем





При реальных процессах сгорания в дизеле действуют оба механизма. Бимолекулярный механизм доминирует при низких температурах (до 1230°С), а механизм Я. Б. Зельдовича — при более высоких.

Вредные вещества в отработавших газах бензиновых двигателей. Типичные зависимости изменения содержания CO, C_xH_y, NO_x, CO₂ от коэффициента избытка воздуха в ОГ бензинового двигателя при работе на средних нагрузках приведены на рис. 3.1. Разброс этих зависимостей для разных двигателей и

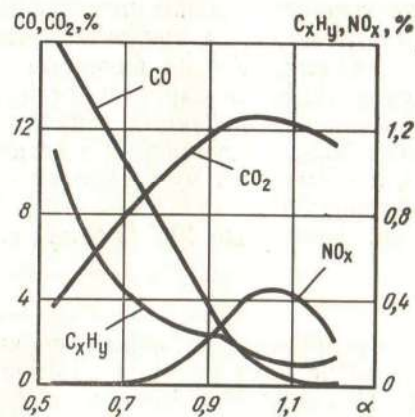


Рис. 3.1. Зависимость концентраций токсичных веществ в отработавших газах бензинового двигателя от коэффициента избытка воздуха

условий их работы обычно не превышает десятых долей процента в том случае, если пропуски воспламенения отсутствуют. При наличии последних концентрации CO уменьшаются и одновременно увеличиваются концентрации C_xH_y. Наличие 0,5...1% CO при α=1 раньше объяснялось неравномерностью распределения смеси между отдельными цилиндрами, но сравнительно недавно было показано, что причиной этого являются условия химического равновесия с учетом констант скоростей образования и распада около 18 различных образующихся в процессе горения конечных и промежуточных веществ и продуктов их диссоциации. Содержание CO снижается до десятых долей процента при α=1,1...1,15, а дальнейшее увеличение α в обычных бензиновых двигателях снова приводит к некоторому увеличению концентраций CO, замедленному и неполному сгоранию сильно обедненных смесей (особенно в пристеночных

слоях) в условиях быстрого снижения температур и давлений в такте расширения. Содержание CO в ОГ позволяет косвенно оценивать состав смеси.

Содержание C_xH_y изменяется более существенно, его величина определяется фазами газораспределения, системой топливоподачи, качеством распыливания топлива.

Оксиды азота имеют наибольшие концентрации в области наиболее эффективного сгорания (α=1...1,1), где содержание CO и C_xH_y наименьшее. Это объясняется высоким уровнем температур процесса сгорания и необходимым наличием кислорода в топливно-воздушной смеси для осуществления термических реакций образования NO_x. При меньших значениях α образование оксидов азота тормозится из-за недостатка кислорода в КС, а при больших значениях α сказывается эффект снижения температуры процесса сгорания.

Сажа. В ОГ дизеля содержатся следующие виды частиц:

жидкие частицы, содержащие в основном топливо и часть смазочного масла, не сгоревшие в цилиндре, а также продукты неполного сгорания;

сажа, как продукт неполного сгорания (особенно при максимальных нагрузках дизеля);

другие частицы, включающие в себя топливные присадки и компоненты смазочного масла;

частицы металлов.

Сажа представляет собой агломерированные частицы углерода неправильной формы с линейными размерами 0,3...100 мкм. Первичные структуры сажи, образующейся в камерах сгорания дизелей, являются частицами сферической формы диаметром 0,015...0,17 мкм с удельной геометрической площадью поверхности до 75 м²/г, которые из-за коагуляции в процессе сгорания образуют вторичные и третичные структуры, выбрасываемые с ОГ из системы выпуска в атмосферу.

В соответствии с результатами последних исследований, частицы углерода образуются в процессе пиролиза молекул в паровой фазе, происходящего в высокотемпературной центральной зоне топливной струи, где содержание кислорода недостаточно. Механизм образования сажи недостаточно изучен и связан с большим числом химических реакций. В общем случае он представляет собой последовательность процессов разложения углеводородных топлив, образования активных углеродных частиц в пламени, роста ядер сажи, агломерации частиц и, наконец, окисления сажи. Содержание сажи в ОГ зависит от всех перечисленных процессов, из которых наиболее изучен только последний.

При температурных условиях, типичных для пламени, предшественниками появления сажи являются наиболее неустойчивые радикалы молекул углеводородов. Рост первичных частиц сажи во время сгорания топлива протекает очень быстро в

наиболее горячих зонах пламени. По мнению японских исследователей, основной параметр, определяющий образование частиц сажи, это уровень температур локальных зон пламени вокруг дискретных капель топлива. Образование сажи максимально при температуре горения около 1880°C и уменьшается как при снижении, так и при повышении температуры. При температуре горения ниже 1700°C и выше 2130°C условия для сажеобразования вообще отсутствуют, а именно интервал $1730 \dots 2030^{\circ}\text{C}$ является основным в процессе сгорания топлива в дизеле.

Последующая за стадией образования частиц сажи коагуляция частиц — физический процесс. Идущий за коагуляцией окислительный процесс в основном связан с горением сажи при наличии атомов кислорода.

Содержание сажи в ОГ зависит от типа топлива, структуры топливного факела и характера его взаимодействия с воздушным потоком и стенками камеры сгорания, формы последней, температуры пламени и является результатом протекания двух определяющих процессов — образования и окисления, которые, в свою очередь, зависят от особенностей конструкции двигателя и режимов его работы.

Некоторые исследователи отмечают, что частицы углерода могут образовываться и в присутствии кислорода. Так, пиролиз топлива с образованием углерода зарегистрирован на ранних стадиях горения в «бедных» зонах, а при работе дизеля на малых нагрузках — и в ядре струи. Однако вследствие избытка кислорода в указанных условиях образовавшиеся частицы сажи затем полностью сгорают. Пиролиз молекул в ядре струи при работе двигателя с большими нагрузками в условиях дефицита кислорода, высокой температуры газа и большого содержания углеводородов с высокой температуры кипения приводит к образованию ацетилен и водорода. В этом случае образование сажи связано с одновременной конденсацией и дегидрогенизацией ацетилена, значит сажа образуется и из топлива, попадающего на стенки камеры сгорания.

Образовавшиеся частицы сажи интенсивнее окисляются в турбулентном пламени, формирующемся на стадии горения топлива. В целом протекание реакций окисления зависит от концентрации кислорода вблизи поверхности частиц сажи, от температуры и времени пребывания. Атомы кислорода играют важную роль в догорании сажи, и их активность мало зависит от природы и микроструктуры частиц.

Уровень дымности ОГ дизелей в основном зависит от следующих факторов: типа топлива, угла опережения начала впрыскивания топлива, скорости и продолжительности впрыскивания, геометрических параметров распылителя форсунки, температур впускного воздуха и топлива, подтекания и подвпрысков топлива, применения наддува, охлаждения наддувочного воздуха, содержания противодымных присадок, закона и

организации процессов топливоподачи, характера переходных режимов работы двигателя, эксплуатационных факторов и регулировок.

Данные по результатам исследования процессов образования и выгорания сажи в цилиндре дизеля и по склонности к образованию сажи из различных углеводородных топлив приведены на рис. 3.2. По мере увеличения коэффициента избытка возду-

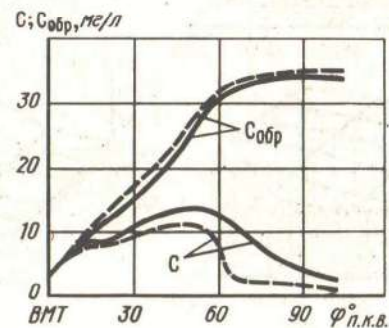


Рис. 3.2. Характер влияния угла поворота коленчатого вала на количество образовавшейся ($C_{обр}$) и оставшейся (C) сажи в ОГ дизеля: — при работе на чистом топливе, - - - при работе на топливе, с присадкой 0,05% ЦТП

ха ($\alpha > 1,4 \dots 1,5$) и интенсивности турбулизации рабочего заряда в КС увеличивается количество догорающей сажи в цилиндре дизеля на такте расширения. Процесс догорания сажи продолжается и в выпускном трубопроводе двигателя, причем тем интенсивнее, чем выше температура ОГ. Последнее обстоятельство, является одной из причин несопоставимости результатов исследований, производимых в различных точках выпускного трубопровода.

Наиболее склонны к образованию сажи тяжелые ароматические углеводороды (нафталин, бензолы и т. д.). Парафины (алканы) наименее склонны к сажеобразованию. Однако период задержки воспламенения топлива разного состава может оказывать более значимое влияние на протекание процессов образования и окисления сажи, чем сам вид топлива.

На рис. 3.3 представлены зависимости содержания сажи в ОГ и ее выбросов в атмосферу от режима работы двигателя (частоты вращения коленчатого вала и среднего эффективного давления). Из представленных данных следует, что сажесодержание ОГ вихрекамерного дизеля возрастает по мере увеличения частоты вращения коленчатого вала в области, близкой к номинальному ее значению, а в дизеле с неразделенной камерой сгорания оно в первую очередь зависит от нагрузки.

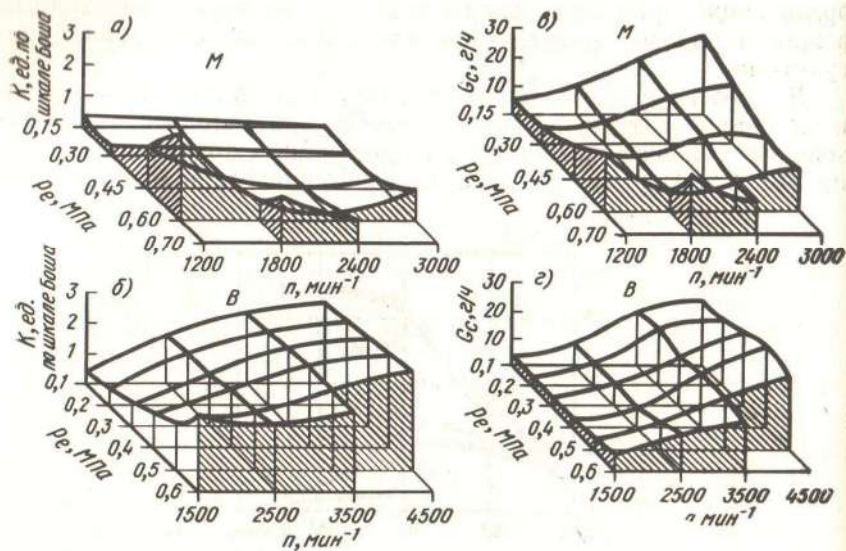


Рис. 3.3. Сажеобразование в ОГ (K), выброс частиц (G_c) в зависимости от режимов работы дизелей: а; в — дизель с М-процессом; б; г — вихрекамерный дизель

Для вихрекамерного дизеля возрастание выброса твердых частиц так же, как и сажеобразование, наблюдается при увеличении частоты вращения. Для дизеля с неразделенной камерой сгорания с М-процессом (М) максимальные значения сажеобразования и выброса частиц находятся на одинаковых режимах, однако при максимальной частоте вращения коленчатого вала режима холостого хода наблюдается дополнительный выброс частиц.

Увеличение относительной доли углеводородов в общей массе частиц при невысоких температурах ОГ (при небольших нагрузках и на режиме холостого хода) — характерное явление, подтверждаемое рядом исследователей (рис. 3.4).

Бенз(а)пирен (БП). Из множества полициклических ароматических углеводородов, обладающих канцерогенным действием, в ОГ дизеля в наибольших количествах содержится БП, который одновременно и наиболее токсичен. Поэтому канцерогенные свойства ОГ принято характеризовать бенз(а)пиреном. Он образуется при температурах $400 \dots 700^\circ \text{C}$ в условиях дефицита кислорода в результате пиролиза тяжелых фракций топлива и смазочного масла.

БП хорошо адсорбируется и удерживается на дизельной саже. Применение методов, снижающих содержание в ОГ сажи, приводит и к уменьшению содержания бенз(а)пирена. Изменение содержания БП в зависимости от режимов работы дизеля

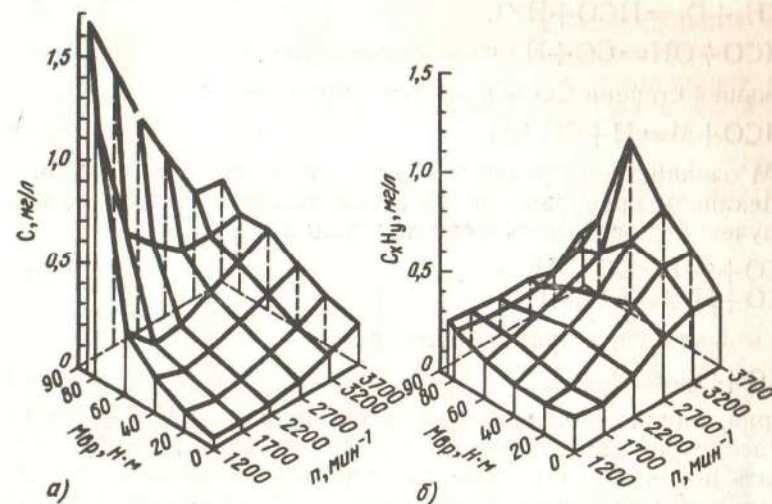


Рис. 3.4. Содержание C и C_xH_y в ОГ в зависимости от режимов работы дизелей с непосредственным впрыском: а — содержание C ; б — содержание C_xH_y

с непосредственным впрыском, работающего по М-процессу (М) и вихрекамерного дизеля (В) представлено на рис. 3.5.

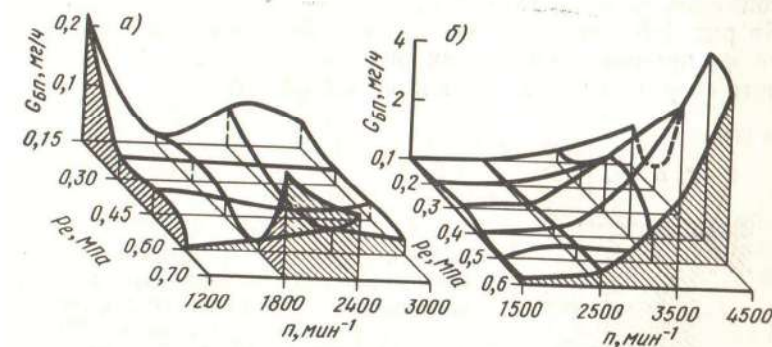
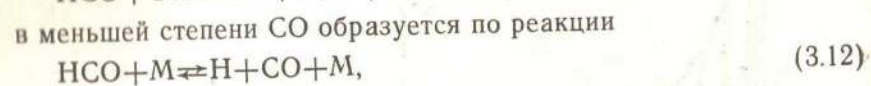
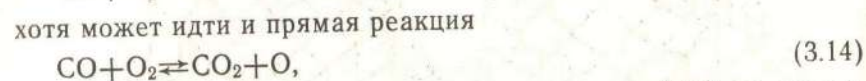


Рис. 3.5. Выбросы ($G_{БП}$) с ОГ в зависимости от режима работы дизелей: а — с непосредственным впрыском, работающего по М-процессу; б — вихрекамерного

Оксид углерода. Реакция догорания оксида углерода — конечная стадия реакции горения углеводородов. Он образуется как продукт промежуточной реакции углеродосодержащего топлива с кислородом (метильного радикала с молекулярным кислородом), что описано в приведенных ниже формулах.



где M означает, что реакция идет вблизи стенки цилиндра. Механизм превращения CO в CO₂ также сложен и до конца не изучен. Основными считаются реакции



которая, однако, большой роли в цилиндрах ДВС не играет. Рассмотренные механизмы элементарных реакций нельзя считать абсолютно строгими, так как они до конца не изучены. Тем не менее принятые упрощенные модели позволяют о достаточно точной для практических целей точностью оценить и объяснить наблюдаемые явления. В цилиндрах дизеля CO образуется в большей степени по следующим причинам:

неполное смешивание топлива с воздухом в зоне горения, так как неравномерное распределение топлива в факеле определяет наличие отдельных участков с богатой смесью;

возникновение CO в высокотемпературных зонах топливного факела, в которых химическое равновесие смещено в сторону диссоциации диоксида углерода.

На рис. 3.6 показана схема зон, богатых CO, являющихся одной из причин образования оксида углерода в ОГ из-за неполного сгорания части топлива в цилиндрах.

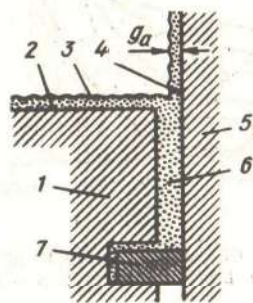


Рис. 3.6. Схема зон, богатых CO (отмечены точками): 1 — поршень; 2 — несгоревшая топливно-воздушная смесь; 3 — частично сгоревшая топливно-воздушная смесь; 4 — холодный пристеночный слой; 5 — стенка цилиндра; 6 — зазор с холодным пристеночным слоем; 7 — поршневое кольцо

Углеводороды. Углеводороды в ОГ состоят из исходных или промежуточных соединений углеводородов топлива. Они образуются в зонах срыва пламени, в ядре и хвосте струи, на топливной пленке и стенках, а также в результате подпрыскива-

ния топлива в КС. Механизм образования углеводородов зависит от конструкции двигателя и параметров его работы.

Одна из основных причин появления углеводородов в ОГ дизелей — наличие холодных пристеночных слоев в КС и зазорах у стенок цилиндра.

На рис. 3.7 показана схема образования холодных пристеночных слоев, богатых углеводородами. При работе двигателя

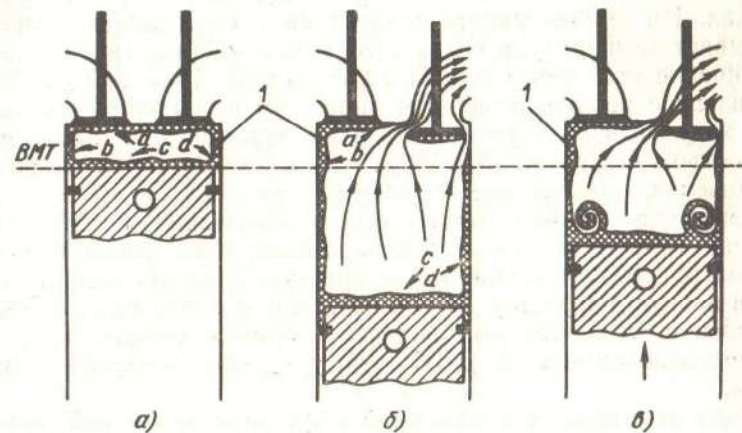


Рис. 3.7. Схема образования холодных пристеночных слоев (1): а — положение поршня в ВМТ; б — положение поршня в НМТ; в — положение поршня в такте выпуска ОГ; в; с; д; а — пристеночные слои, богатые углеводородами

в процессе сгорания топлива пламя распространяется к стенке, от которой отводится тепло, а радикалы на стенке рекомбинируют. Несгоревшая часть топлива в холодной зоне у стенки цилиндра и около поверхности головки цилиндров и поршня гасит реакции, в результате чего в пристеночных холодных слоях цилиндров толщиной 0,005...0,3 мм (в зависимости от температурного режима) остаются углеводородные остатки нагретого, не до конца сгоревшего топлива.

При работе дизеля на холостом ходу и при небольших нагрузках основная доля топлива не достигает стенок КС, и его концентрация в ядре в зависимости от нагрузки сильно изменяется из-за «бедного» срыва пламени. Углеводороды ОГ в основном состоят из молекул исходного топлива, т. е. высокомолекулярны. По мере увеличения нагрузки двигателя температура рабочего процесса заметно увеличивается. Богатая смесь топлива с воздухом в ядре струи и вблизи стенок КС при взаимодействии с воздухом приводит к увеличению догорания молекул среднего размера с образованием более легких углеводо-

родов, но одновременно вызывает рекомбинацию промежуточных соединений с образованием даже более тяжелых молекул, чем были в исходном топливе.

Альдегиды образуются при протекании предпламенных реакций в период подготовки топливно-воздушной смеси к сгоранию, особенно при низких температурах процесса. В ОГ ДВС идентифицировано более 200 различных альдегидов, из которых преобладают акролеин и формальдегид. Наибольшие концентрации альдегидов отмечаются при работе дизеля при малых нагрузках. На концентрацию альдегидов в ОГ основное влияние оказывает температура впускного заряда в конце такта сжатия. Увеличение этой температуры с 500 до 600° С и с 500 до 700° С на дизеле с непосредственным впрыском при работе на холостом ходу позволяет уменьшить концентрацию альдегидов в ОГ соответственно на 75 и 90%. В бензиновых ДВС, равно как и в дизелях, повышенное образование альдегидов в КС наблюдается когда топливо сгорает при относительно низких температурах (при охлаждении топливно-воздушной смеси холодными поверхностями стенок КС и при сгорании обедненных смесей, в первую очередь у ДВС с послонным смесеобразованием). Увеличение температуры процесса сгорания уменьшает содержание альдегидов в ОГ ДВС из-за ускорения реакции их окисления.

Надо отметить, что надежной стандартизированной методики определения содержания альдегидов в ОГ до сих пор не разработано.

Оксиды серы. В ОГ ДВС содержится в основном сернистый ангидрид SO_2 . Его образование прямо связано с содержанием серы в топливе, которая при сгорании топливно-воздушной смеси окисляется практически полностью до SO_2 . В системах выпуска ДВС, особенно при наличии каталитического нейтрализатора, SO_2 может доокисляться до SO_3 , в результате чего с парами воды оксиды серы образуют в ОГ пары сернистой и серной кислот.

4. ИЗМЕРЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ И ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

4.1. Методы газового анализа и приборы для его проведения

Разработано много средств и методов газового анализа, позволяющих производить количественную оценку состава газовой фазы ОГ. Для анализа применяются методы, основанные на использовании химических и физических свойств отдельных составляющих ОГ. К химическим методам анализа относится

калориметрический метод. К физическим относятся методы, использующие следующие физические свойства исследуемых индивидуальных веществ:

поглощение (абсорбция) ультрафиолетового или инфракрасного излучения исследуемой средой;

теплопроводность индивидуальных газовых компонентов, магнитная восприимчивость кислорода в отношении тех или иных газов;

ионизация углеводородов при сгорании в пламени водородной горелки.

Разработан также метод газовой хроматографии, основанный на учете различия свойств поглощения и испарения наполнителем (сорбентом) колонки отдельных компонентов, содержащихся в ОГ (при их прохождении через колонку).

Приборы газового анализа ОГ разделяются на приборы непрерывного анализа газов, поступающих непосредственно в анализатор (с обогреваемой и необогреваемой линиями отбора проб ОГ) и приборы для дискретного проведения анализа ОГ, осуществляемого посредством подачи проб ОГ, предварительно отобранных в пробоотборные емкости.

Аналогично методам анализа ОГ наибольшее распространение нашли и два метода отбора проб:

непрерывный, с применением автоматических газоаналитических приборов непрерывного действия;

дискретный отбор в вакуумированные аспираторы при дальнейшем их анализе в неавтоматических газоаналитических приборах.

Первый метод находит все большее распространение при проведении научно-исследовательских работ в условиях стендовых испытаний.

Второй, менее точный, но более дешевый и простой, также широко применяется при проведении НИР и незаменим при проведении дорожных и эксплуатационных испытаний методов и средств снижения токсичности ОГ.

Требования, предъявляемые к точности измерения содержания отдельных токсичных компонентов в ОГ, весьма жесткие. Они в основном определяются погрешностями в системе отбора проб и погрешностью в анализаторе, а также условиями проведения испытаний. В системе отбора погрешность получается вследствие адсорбции и десорбции ряда токсичных компонентов, а также изменения состава ОГ в подводящих трубопроводах и самом анализаторе. Погрешность в анализаторе определяется чувствительностью применяемого метода анализа.

Основные методы отбора приведены ниже:

непосредственный отбор пробы;

отбор всего объема ОГ с помощью мешка;

пропорциональный отбор пробы;

отбор пробы с постоянным объемом (CVS).

Первый метод наиболее прост, поэтому он нашел широкое применение. При его использовании в выпускной трубопровод двигателя устанавливается пробоотборная трубка, отбирающая анализируемые ОГ. Перед поступлением в анализатор проба подвергается грубой очистке в фильтре, освобождается от влаги в отстойнике с температурой 5...20°С, пропускается через фильтр тонкой очистки и затем с помощью насоса подается в анализатор. Расчеты, проводимые при непосредственном отборе пробы, достаточно сложны. Для определения весовых выбросов токсичных компонентов более эффективно использование именно метода непосредственного отбора, однако он имеет ряд недостатков, снижающих точность получаемых результатов.

Погрешности, возникающие вследствие адсорбции и десорбции анализируемого компонента в системе отбора, могут быть устранены разделением системы на систему анализа низкой концентрации исследуемого вещества и систему анализа высокой его концентрации, а также поддержания температуры пробоотборных трубопроводов в диапазоне 70...200°С. При измерении в отработавших газах содержания углеводов их температура должна быть выше 200°С.

Метод отбора проб ОГ с помощью мешка положен в основу нормирования состава ОГ автомобильных двигателей в странах Европы. Этот метод достаточно прост. Для равномерного распределения газов в мешке их целесообразно перемешивать. Анализируются ОГ с помощью анализатора.

Метод пропорционального отбора пробы основан на отборе ОГ в количестве, пропорциональном количеству воздушного заряда, поступающего в двигатель. На входе устанавливается датчик расхода воздуха, количество отбираемых ОГ регулируется в соответствии с показаниями этого датчика. Отработавшие газы отбираются в небольшой пластиковый мешок через клапан, управляемый сервоусилителем. Регулируется клапан с помощью электрического сигнала, значение которого зависит от давления, пропорционального расходу впускного воздуха. Быстродействие системы составляет 70...80 мс. Проба в мешке сохраняется в разбавленном состоянии, поскольку туда предварительно вводится разбавитель (азот). Общее количество поглощенного воздуха и введенной пробы ОГ суммируется. Анализ ОГ в мешке позволяет сразу получить величину выбросов токсичных веществ на единицу пробега. При этом методе отбор пробы происходит с обезвоживанием ОГ при помощи охлаждаемой до 0°С ловушки, поэтому происходит потеря части NO_x и углеводов. Для обеспечения требуемого быстродействия пробоотборной системы применяются сложные электрические преобразователи. Метод нашел применение в основном только для научно-исследовательских целей.

При отборе пробы с постоянным объемом (CVS) отработавшие газы из выпускного трубопровода отбираются пробоотбор-

ником, разбавляются очищенным воздухом в постоянном отношении к их расходу (отношение разбавления равно 8:1 и выше. Разбавленная смесь проходит через теплообменник, на выходе из которого устанавливается ее постоянная температура (5...6°С). Расход смеси также поддерживается постоянным (обычно 10...15 м³/мин). Точность метода зависит от точности измерения расхода ОГ. В результате разбавления при использовании этого метода не требуется установка охладителя, что устраняет погрешности, связанные с конденсацией отдельных компонентов и растворением других в конденсате. Все это значительно увеличивает точность. Для анализа пробу с помощью насоса отбирают из смеси в количестве, пропорциональном расходу ОГ. В США этот метод принят как основной.

Для анализа ОГ применяются различные анализаторы в зависимости от предъявляемых требований к чувствительности анализа, его точности и селективности. Наибольшее распространение нашли способы:

- NDIR (анализ недисперсными инфракрасными лучами);
- NDUV (анализ ультрафиолетовыми лучами);
- FID (ионизация пламенем водорода);
- CLD (анализ за счет люминесценции);
- FNDIR (анализ флуоресцентными недисперсными инфракрасными лучами);
- UVE (анализ ультрафиолетовым измерением);
- R-FID (анализ с использованием ионизации восстанавливающего водородного пламени).

В основном это оптические методы анализа. Принцип их заключается в избирательном поглощении компонентами отработавших газов лучистой радиации в инфракрасной, ультрафиолетовой или видимой областях спектра. Концентрация каждого компонента в результате определяется пропорционально степени поглощения лучистой радиации.

В частности, при работе газоанализатора по способу NDIR область поглощения оксидом углерода волн длиной 4,5...5 мкм находится в инфракрасной области спектра. Схемы газоанализаторов приведены на рис. 4.1. Инфракрасное излучение от двух одинаковых источников света 1 (рис. 4.1, а) через обтюратор 2, кювет-фильтры 3 попадает в две отделенные одна от другой кюветы 4 и 5, из которых сравнительная 4 заполнена отработавшими газами, а измерительная 5 — азотом. Поглощение энергии излучения приводит к нагреву ОГ в камерах детектора 6, а так как они герметичны, то в результате повышения давления в одной из них прогибается диафрагма. Прогиб ее прямо пропорционален концентрации вещества, содержащегося в ОГ.

Оптическая схема спектрофотометра NDUV на основе ультрафиолетового излучения идентична рассмотренной схеме.

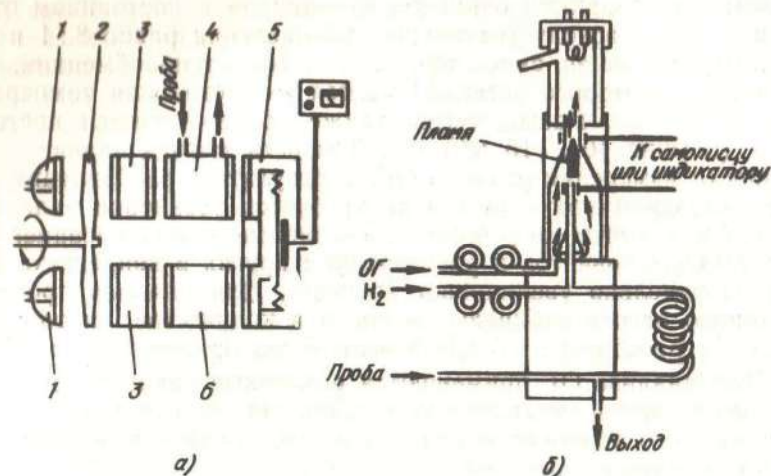


Рис. 4.1. Схемы газоанализаторов: а — недисперсный инфракрасный анализатор (NDIR); б — пламенно-ионизационный анализатор (FID); 1 — источник света; 2 — обтуратор; 3 — кювет-фильтры; 4; 5 — кюветы; 6 — детектор

Различие только в качественном и конструктивном оформлении отдельных деталей.

Анализ по способу FID осуществляется автоматическим газовым хроматографом (рис. 4.1, б), в котором при введении водорода в поток ОГ с содержанием углеводов с пламени водорода образуются пропорциональные их количеству ионы, поступающие к положительному электроду, что и фиксируется показывающим прибором.

Основной метод определения оксида углерода — NDIR. Для этой цели применяются также методы FNDIR, UVE и F—FID. Способ NDIR применим для всех стандартов на ОГ и используется, например, в измерительной аппаратуре, рекомендуемой стандартом США и правилами № 15 ЕЭК ООН. По чувствительности и селективности NDIR и R—FID превосходят FID. Другие методы являются упрощенными.

Наиболее точный (точнее других в 1,8...2,5 раза) способ определения углеводов — FID. Для анализа на углеводороды разработаны следующие модели газоанализаторов: по методу NDIR — «Бекман 15/В», «Хориба (LL) AIA-2», по методу FID — «Бекман 109», «Хориба FIA».

Для определения концентрации NO и NO_x широкое распространение получили соответственно методы NDIR и NDUV. При определении NO_x (как совокупности NO и NO₂) эти концентрации складываются.

Газоанализаторы для определения содержания оксидов азота в ОГ выпускают фирмы «Хориба» («Мекса-77», «Мекса-

2000», CLA-11, «Янако», «Рикен» (модель PS-325), «Стек» (SGCM-18), «Янагимота» (EIEC-88) в Японии, а также «Бекман», «Скотт» (модель 125) в США.

Для определения содержания в отработавших газах БП и альдегидов применяются специфические способы, которые в большинстве своем имеют большую погрешность.

Для проведения исследовательских работ ряд фирм выпускает комплексные анализаторы ОГ с определением содержания в них CO, CO₂, C_xH_y, NO и NO_x. Такими анализаторами, в частности, являются «Мекса-77», EIEC-88, «Бекман» модели 951 и ряд других. Это в основе своей быстродействующие газоанализаторы со скоростью срабатывания 1...2 с, позволяющие анализировать ОГ на установившихся и неустойчивых режимах работы двигателя. Все они снабжены самописцами.

Для анализа ОГ находят применение и хроматографы, с помощью которых определяются практически все токсичные компоненты ОГ. Однако при использовании хроматографов невозможно непосредственно и непрерывно проводить анализ, который к тому же весьма трудоемок. Хроматографы не позволяют также проводить анализы ОГ на неустойчивых режимах.

При измерении токсичности ОГ тракторных и комбайновых дизелей по ОСТ 23.1.440—76, ГОСТ 17.2.2.05—86 и ГОСТ 18509—80 отбор и анализ должны производиться автоматическими газоаналитическими приборами непрерывного действия: по CO — недисперсным инфракрасным газоанализатором (NDIR);

по C_xH_y — пламенно-ионизационным газоанализатором (FID);

по NO_x — хемилюминесцентным газоанализатором (CLD) или недисперсным инфракрасным (NDIR) и недисперсным ультрафиолетовым газоанализатором (NDUV).

При применении неавтоматических газоанализаторов для анализа на CO используется хроматограф «Газохром-3101» с термохимическим детектором, при анализе на C_xH_y — хроматограф «Цвет-101» с пламенно-ионизационным детектором, при анализе на NO_x — фотоколориметр ФЭК-ЗМ в сочетании с химическим определением по реакции с реактивом Зальцмана.

Сведения о ряде применяемых в СНГ и за рубежом газоанализаторов даны в табл. 4.1 и приложениях 6, 7, 8.

При анализе на содержание альдегидов в ОГ первоначально применялся весовой метод. Для этого газы пропускались через скрубберы с раствором 2,4-динитрофенилгидразина (ДНФГ). Содержание альдегидов рассчитывалось по привесу на фильтре при пропускании через него раствора образовавшегося количества 2,4-ДНФГ. Существенный недостаток метода — большая продолжительность анализа.

Таблица 4.1

Основные данные применяемых для анализа ОГ газоанализаторов

Модель (страна)	Измеряемый компонент	Метод измерения	Диапазон измерения, % по объему	Погрешность (относительная), %	Примечание
ОА-2100 (СНГ)	СО	NDIR	0...10	5	Стационарный
ОА-5501 (СНГ)	СО	»	0...0,5	10	»
	СО ₂	»	—	—	»
	СН ₄	»	—	—	»
«Инфралит-Т» (ГДР)	СО	»	0...10	5	Переносной
«Бекман 895» (США)	СО	»	0,1...100	1	Стационарный
«Бекман 1Р-2158» (США)	СО	»	0,1...100	1	»
«Мекса-300» (Япония)	СО	»	0...2	2	Переносной
	С _х Н _у	»	0...8	2	»
«Мекса-400» (Япония)	СО	»	0...0,1	2	Передвижной
	С _х Н _у	»	0...0,5	2	»
	NO _х	»	0...10	2	»
«Мекса-2000» (Япония)	СО	»	0...10 ⁻³	2	Газоаналитический комплекс
	С _х Н _у	»	0...2·10 ⁻³	2	»
	NO _х	»	0...2·10 ⁻³	2	»
ЕН-100 (Япония)	С _х Н _у	FID	0...10	1	То же
	»	»	0...5·10 ⁻³	1	»
НС-101 (Япония)	С _х Н _у	»	0...5·10 ⁻³	0,5	»
«Бекман 951» (США)	NO _х	CLD	0...0,01	0,5	»
САН 1020/1120 (США)	СО	NDIR	0...10	5	Диагностический комплекс
	С _х Н _у	»	0...2·10 ⁻³	5	»
ГАИ-1 (СНГ)	СО	»	0...10	5	Переносной
121ФА-01 (СНГ)	СО	»	0...5	5	»
	»	»	0...10	5	»
ГИАМ-21 (СНГ)	С _х Н _у	FID	0...1	5	»
	СО	NDIR	0...5	5	»
ГИАМ-23 (СНГ)	С _х Н _у	FID	0...0,1	5	»
	СО	NDIR	0...5	5	»
ГИАМ-25 (СНГ)	С _х Н _у	FID	0...0,2	5	»
	СО	NDIR	0...0,5	5	»
ЕІР-61С (Япония)	С _х Н _у	»	0...0,1	2	Передвижной
	СО	»	0...0,5	2	»
	»	»	0...1	2	»

В НАМИ разработан один из наиболее точных методов анализа альдегидов в ОГ.

Анализ на содержание бенз(а)пирена по методике Института экспериментальной и клинической онкологии (ИЭКО) АМН СССР проводится методом экстракции БП из фильтров.

Выпускаемые зарубежными фирмами газоанализаторы, как правило, представляют собой комплексные системы, позволяющие потребителю выполнять анализ ОГ на содержание всех компонентов. В качестве примера ниже приведены сведения о комплексной системе анализа ОГ марки АМА 2000 фирмы «Пирбург». Схема этой системы с системой отбора проб в составе стенда с беговыми барабанами показана на рис. 4.2.

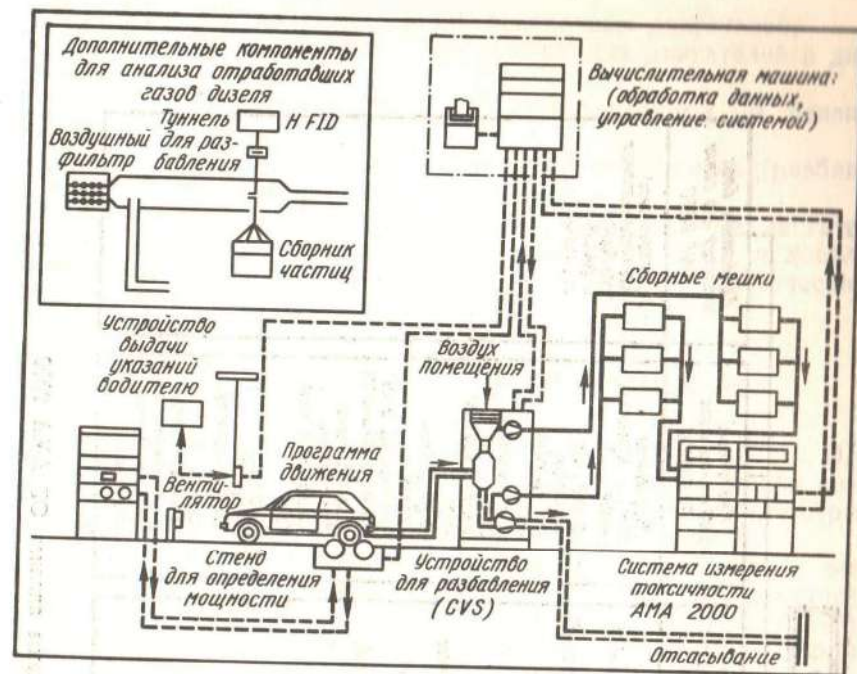


Рис. 4.2. Схема системы отбора проб и анализа ОГ в составе стенда с беговыми барабанами

Комплекс АМА 2000 представляет собой модульную систему, состоящую из выдвижных блоков. Каждый анализатор отдельного компонента оснащен собственным микропроцессором. В системе имеется возможность отдельной проверки всех модулей. Индивидуальное управление анализаторами можно заменить на центральное и обеспечить индикацию с помощью централизованной системы управления.

Система изготавливается для анализа как разбавленных, так и неразбавленных ОГ бензиновых двигателей и дизелей.

Конструктивное исполнение допускает ее применение на роликовых испытательных стендах, стендах для испытания двигателей, стендах для испытания каталитических нейтрализаторов, а также на специальных испытательных устройствах.

Система, структурная схема которой представлена на рис. 4.3, обеспечивает выполнение правил Агентства защиты окружающей среды США и правил Европейской экономической комиссии.

В зависимости от заявки могут поставляться следующие варианты системы:

тип А — для неразбавленных ОГ бензиновых двигателей и дизелей;

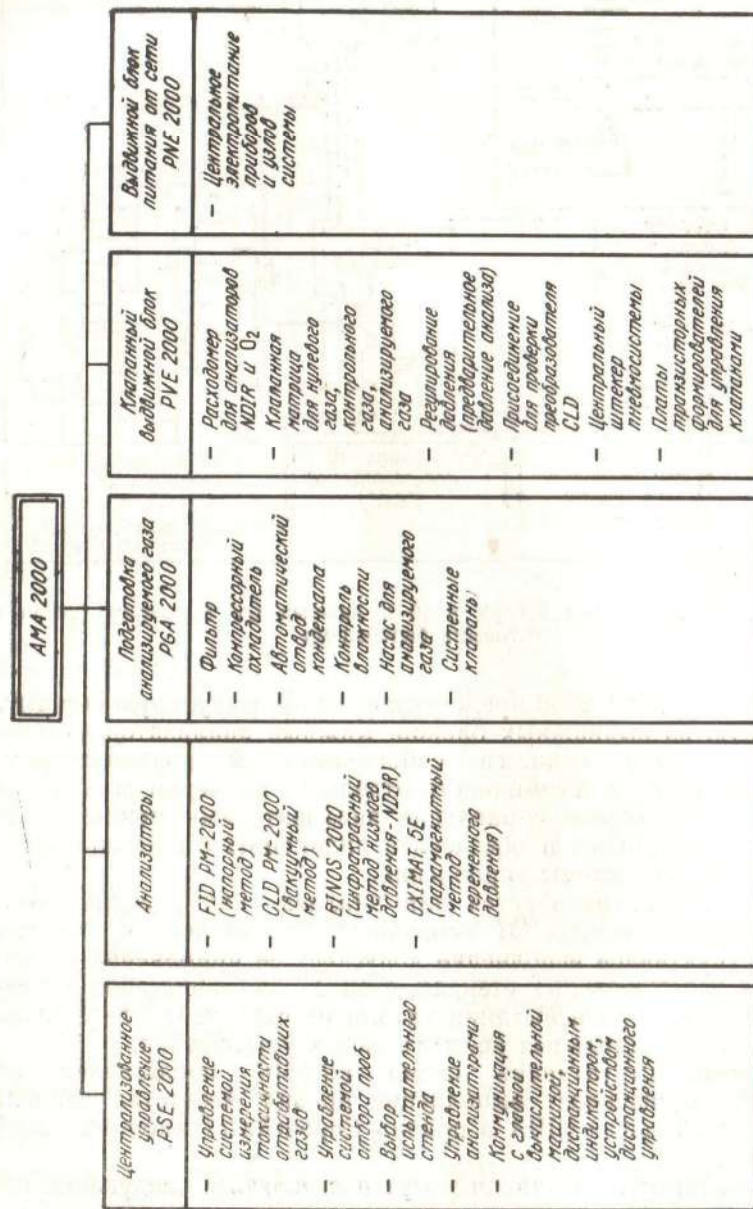


Рис. 4.3. Структурная схема системы анализа ОГ AMA 2000

тип В — для разбавленных ОГ бензиновых двигателей;
 тип С — для разбавленных ОГ бензиновых двигателей и дизелей;
 тип D — для неразбавленных или разбавленных ОГ бензиновых двигателей и дизелей;
 тип E — для выборочного анализа ОГ бензиновых (разбавленные и неразбавленные ОГ) двигателей;
 тип G — для выборочного анализа ОГ бензиновых двигателей и дизелей (разбавленные и неразбавленные ОГ) и дополнительно для анализа эффективности работы каталитических нейтрализаторов.

4.2. Измерение дымности отработавших газов

Разработано несколько методов определения дымности ОГ, которые основаны либо на измерении степени поглощения светового потока столбом газа заданной длины, либо степени отражения света поверхностью фильтра, покрытой сажей.

Существующие приборы-дымомеры первой группы выпускаются фирмами разных стран: «Бош», PR-1 (Германия), «Фон Бранд» (США), ИД-1 конструкции НАМИ (СНГ), ЛАНЭ-35/300 конструкции ЛАНЭ (СНГ), NC-112 (ЧСФР), AVL (Австрия), ST-100 (Япония).

Дымомеры второй группы также широко известны: «Хартридж» (Великобритания), «Вольво» (Швеция), «Утак» (Франция), «Мерлин» (Великобритания), ДО-1, ИНА-109, КИД-2, МЕТА-01, МЕТА-02 (СНГ).

Наибольшее распространение получили дымомеры «Бош» и «Хартридж». Принципы их работы и последовательность операций при измерениях описаны ниже.

Дымомер «Бош». Проба ОГ объемом 330 см³ отбирается из выпускного трубопровода двигателя насосом-дозатором через пробоотборник 4 (рис. 4.4). Покрытый сажей фильтр помещается в измерительный прибор, где освещается источником света; отраженный световой поток от фильтра регистрируется фотоэлементом. Количество света, отраженного рабочей поверхностью фильтра, таким образом преобразуется в фототок, регистрируемый микроамперметром, имеющим показывающую шкалу, градуированную в единицах шкалы Боша.

В дымомере используется круглый бумажный фильтр диаметром 40 мм с размером пор около 4,5 мкм. Проба отбирается в течение 1,5 ч. Вместо сменного фильтра в модернизированных вариантах дымомера предусматривается применение ленточного рулонного фильтра. Дымомеры типа «Бош» производят только дискретные измерения на установившихся режимах работы двигателя. Они не дают самой высокой точности измерения, но весьма удобны при измерении, компактны и могут при-

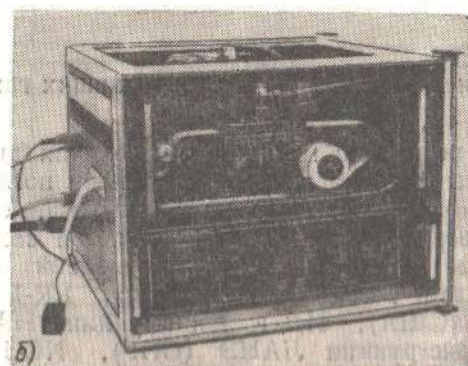
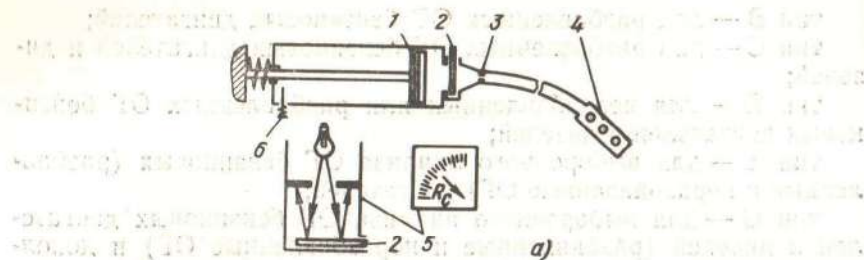


Рис. 4.4. Дымомер «Бош»: а — схема конструкции; б — общий вид модификации дымомера с ленточным рулонным фильтром (PR-1); 1 — поршень насоса; 2 — фильтр; 3 — дросселирующее отверстие; 4 — пробоотборник; 5 — анализирующий прибор; 6 — фиксатор поршня

меняться не только в условиях стендовых испытаний, но и на машинах в условиях эксплуатационных испытаний.

Дымомер «Хартридж». Для измерения дымности ОГ дымомерами типа «Хартридж» используется зависимость Броуна между оптической плотностью ОГ и интенсивностью источника света

$$D = \frac{n}{K} \ln \frac{I_0}{I},$$

где D — плотность дыма; I_0 — интенсивность источника света; I — регистрируемая интенсивность света; n — коэффициент пропорциональности; K — постоянная прибора, равная длине столба дыма, при которой происходит поглощение света.

Пробоотборник дымомера «Хартридж» выполнен в виде трубки внутренним диаметром, составляющим 5% диаметра выпускного трубопровода, которая направлена против движения ОГ. Для снижения влияния пульсации в выпускном трубопроводе до пробоотборника устанавливается ресивер.

Во время испытаний для увеличения точности измерения в системе отбора с помощью дроссельной заслонки создается избыточное давление в измерительной камере (от 50 до 75 мм вод. ст.), а температура газов поддерживается на уровне 70° С, для чего предусмотрено их водяное охлаждение.

Дымность при этом оценивается по оптической плотности ОГ при их просвечивании. Длина измерительного участка составляет около 0,5 м.

Схема прибора «Хартридж» приведена на рис. 4.5. Это двухканальная оптическая система, в один из каналов подаются очищенные в золо- и водоотделителях ОГ, а в другой — чистый

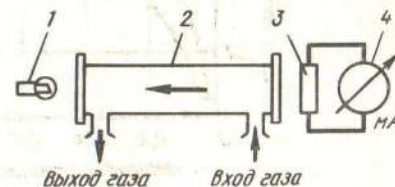


Рис. 4.5. Схема дымомера «Хартридж»: 1 — источник света; 2 — измерительная кювета; 3 — фотоэлемент; 4 — измерительный прибор

воздух, служащий для калибровки и тарирования прибора. Источником света является лампа накаливания с цветовой характеристикой 2800...3250 К, а в качестве приемника света применен фотоэлемент. Прибор имеет равномерную шкалу измерения, разделенную на 100 единиц. Перед измерением прибор тарируется посредством установки специального фильтра перед фотоэлементом, имеющего известные характеристики светопоглощения. Преимуществом дымомеров «Хартридж» является непрерывность измерения, т. е. этими дымомерами можно пользоваться при работе двигателя на неустановившихся режимах.

Дымомер «Хартридж» измеряет видимую дымность ОГ по двум различным шкалам. Основная шкала, проградуированная в натуральных показателях ослабления светового потока $K \text{ м}^{-1}$, измеряет величину непрозрачности столба ОГ определенной длины, называемого эффективной базой дымомера L м, при которой поток излучения от источника света дымомера ослабляется в e раз. Вспомогательная шкала проградуирована в величинах степени ослабления светового потока $N\%$, проходящего через столб газов, заполняющих мерный участок дымомера.

Взаимосвязь между шкалами K и N при длине эффективной базы $L=0,43$ м выражается формулой

$$K = \frac{1}{L} \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right). \quad (4.1)$$

Номограмма для пересчета единиц дымности приведена на рис. 4.6. Необходимо отметить, что дымомеры с различной дли-

ной эффективной базы при изменении одной и той же пробы ОГ будут показывать одинаковую величину К по основной шкале и различные значения по вспомогательным шкалам.

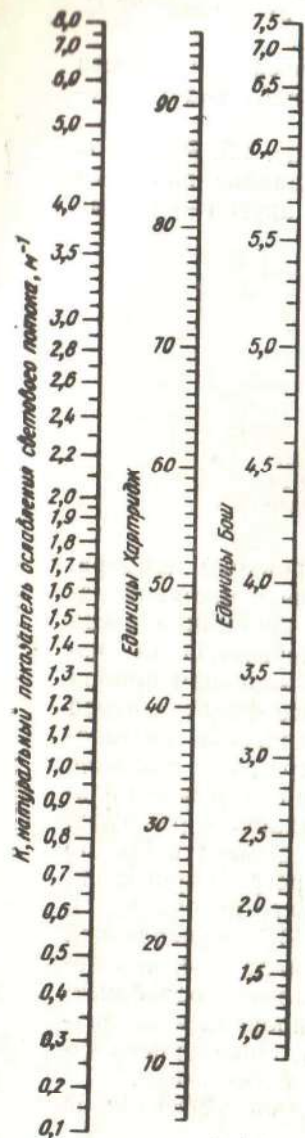


Рис. 4.6. Общий вид номограммы для пересчета показателей сажесодержания, измеренного дымомерами «Бош» или «Хартридж»

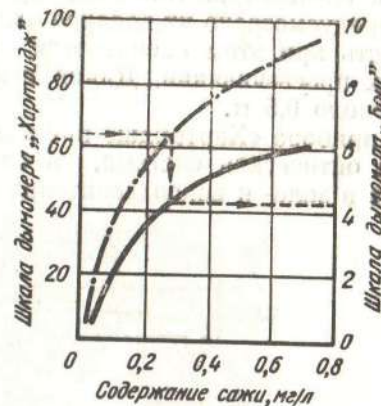


Рис. 4.7. График для перевода показаний разных дымомеров: — «Хартридж»; - - - «Бош»; —> — направление перевода

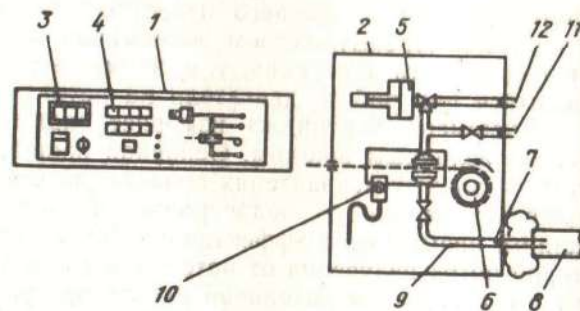


Рис. 4.8. Схема дымомера PR-1 фирмы «Пирбург»: 1—электронный блок управления; 2—механическая часть; 3—индикатор величины дымности ОГ; 4—клавиши управления; 5—всасывающий цилиндр; 6—фильтровальная бумага; 7—вход для анализируемых ОГ; 8—выпускная труба; 9—трубопровод для отбора пробы; 10—отражательный фотометр; 11—подвод воздуха для продувки; 12—выход анализируемой (измеряемой) пробы ОГ

Итак, характеристики различных типов дымомеров значительно отличаются одна от другой, шкалы их тоже различны. Соотношения показаний наиболее распространенных дымомеров в графической форме даны на рис. 4.7.

Из современных конструкций систем измерения дымности ОГ особо следует отметить модель дымомера PR-1 фирмы «Пирбург» (Германия), работающего по принципу дымомера «Бош». Его схема приведена на рис. 4.8. Он состоит из механической части и электронного блока управления. Дымомер можно использовать на роликовых испытательных стендах, при контроле автомобилей в эксплуатации и в стендовых условиях.

В этом дымомере объемный поток отработавших газов определенной величины отбирается из выпускной трубы двигателя посредством специального зонда с помощью всасывающего цилиндра объемом 1000 см³ и продувается через бумажный фильтр. Вследствие отложения частиц сажи на фильтровальной бумаге образуется серый тон. Значение фильтровой пробы по шкале серых цветов регистрируется с помощью отражательного фотометра и сопоставляется с соответствующим значением шкалы дымности фирмы «Бош». Промежуточные значения соответственно линейризуются (по отношению к всасываемому объему в 1000 см³) электронным путем.

Технические характеристики дымомера PR-1

Объем порции ОГ	1000 см ³
Площадь фильтрующей поверхности	707 мм ²
Площадь измерительной поверхности	530 мм ²
Диапазон измерения	0...10 (по шкале дымности ОГ фирмы «Бош»)
Разрешающая способность	0,1 или 0,01 единицы измерения
Погрешность измерения	±1% конечного значения диапазона измерения
Время срабатывания	за 10 с на процесс измерения дымности ОГ
Индикация	цифровая, трехразрядная (светодиоды)
Скорость передачи	300...19 200 бод (выбираемая)
Линия отбора проб	длина 1,5 м, гибкая; внутренний диаметр 6 мм
Зонд для отбора проб	в зависимости от области применения
Давление на вводе сжатого воздуха	600 кПа (6 бар)
Электропитание	220 В 50 Гц
Потребляемая мощность	40 В·А
Рабочий диапазон температур окружающей среды:	
механическая часть	5...50° С
электронный блок	5...50° С
Габаритные размеры механической части	220×440×450 мм
Масса	около 35 кг

Сходные данные имеют дымомер ST-100 фирмы «Окуда Коки», применяемый на ряде предприятий СНГ.

4.3. Контроль токсичности и дымности двигателей автомобилей с помощью роликовых стендов, стендовое оборудование и установки

В начале века в 20...30 годах на всех зарубежных двигателестроительных фирмах проводился стопроцентный стендовый контроль сходящих с конвейера ДВС. Затем большинство фирм отказались от стендовых испытаний как обязательной операции. В последние годы обостренная конкуренция вновь привела к восстановлению стендовых испытаний каждого двигателя для выявления и устранения всех технологических дефектов, которые обнаруживаются приблизительно у 10% выпускаемых ДВС. Сам процесс испытаний позволяет существенно повысить качество и стабильность паспортных показателей двигателей, в первую очередь социально-экологических. Эти обстоятельства привели к формированию комплекса специализированной техники, решающей весь круг задач при проведении стендовых испытаний ДВС.

Показатели токсичности ОГ автомобилей в настоящее время отражают научно-технологический уровень производителей автомобилей. Они (показатели) измеряются в соответствии с современными правилами, стандартами и другими нормативными документами на роликовых тормозных стендах, которые применяются для испытания автомобилей. Тормозные стенды изготавливаются в стандартном и в специальном исполнении для снятия характеристик, диагностики, аттестационных и исследовательских работ. Стенды используются в климатических камерах, в аэродинамических трубах, при исследовании шумности, испытаниях активной и пассивной безопасности, испытаниях по оценке электромагнитной совместимости электронных систем автомобилей, для определения потерь на отдельных колесах при применении индивидуальных приводов на каждом колесе, а также для контрольных испытаний автомобилей на токсичность с системами нейтрализации отработавших газов и без них.

Роликовые стенды характеризуются высокой надежностью, точностью, повторяемостью результатов, комфортом, долговечностью, жесткостью конструкции, малой шумностью и незначительной вибрацией.

Роликовый стенд фирмы «Цольнер» обеспечивает выполнение следующих операций:

автоматическая калибровка стенда, ее контроль и компенсация внутренних потерь;

имитация дорожного сопротивления любой модели автомобиля с максимальной допустимой нагрузкой на ось до 29,4 кН (3 тс) в диапазоне скоростей 0...200 км/ч;

имитация инерционной массы с точностью ± 1 кг.

Роликовый стенд обеспечивает высокую точность измерения скорости и нагрузки, он укомплектован ЭВМ, которая значительно облегчает управление испытательными процессами.

Стенд состоит из следующих частей и систем:

механическая система инерционных масс с системой контроля и электрической системой имитации инерционной массы;

электрическая машина постоянного тока мощностью 100 кВт с цифровым измерением тягового усилия до 2,5 кН;

система электронного обслуживания и индикации, обеспечиваемых с помощью 19-дюймовых блочных стоек с дистанционным управлением, имитатором дорожного сопротивления движению и массы автомобиля, с измерением пути и линейным самописцем для регистрации тягового усилия и скорости в функции от времени и прибором управления водителем.

Стенд имеет две пары вращающихся (крутящихся) роликов для размещения двух ведущих колес.

Технические характеристики роликового стенда RF 510/22 С 22 М 6,7

Характеристики крутящихся роликов:

диаметр	509 мм
длина окружности	1 600 мм
расстояние между внешними торцами роликов	2 200 мм
расстояние между внутренними торцами роликов	700 мм
расстояние между осями	734 мм
максимальная нагрузка на ось	29,43 кН (3 тс)
скорость испытываемого автомобиля	0...200 км/ч
точность измерения скорости:	
в диапазоне 0...200 км/ч	0,1 %
в диапазоне 1...10 км/ч	1 %
максимальное усилие тяги	2,5 кН

Инерционный момент основной массы всех вращающихся частей соответствует массе автомобиля 680 кг, при этом масса задних роликов составляет 225 кг. Подъемное устройство автомобиля пневматическое, блокировочное устройство роликов обеспечивается трением (электропневматическое управление).

Имеются цифровые индикаторы скорости ведущих и ведомых роликов. Узел маховых масс с системой контроля имеет следующие характеристики:

имитируемая инерция	680...2 438 кг
дискретность механической имитации	57 кг

В качестве системы управления и индикации всего испытательного стенда с пультом дистанционного управления используется 19-дюймовый блок-имитатор дорожного сопротивления движению и массы автомобиля с электрической имитацией инерционной массы ± 250 кг; весь диапазон имитации состоит из механической и электрической составляющих и находится в диапазоне от 430 до 2 688 кг.

Стенд оборудован рядом других систем, устройств и приборов. Он предназначен для диагностики, проведения научных исследований разрабатываемой техники, аттестации на токсичность ОГ и топливную экономичность транспортных средств общей массой не более 2500 кг с колесной формулой 4×2 в соответствии с международными и отечественными стандартами.

Стенд оснащен газоанализатором фирмы «Пирбург» (Германия) с микропроцессорным управлением, предназначенным для непрерывного анализа разбавленных ОГ ДВС.

Стенд включает блоки газоанализаторов с диапазонами измерения (часть на миллион или чм):

Фирмы «Бинос» (на CO)	0...200 чм; 0...1 000 чм; 0...2 000 чм; 0...10 000 чм
Фирмы «Пирбург» (на C _x H _y)	0...50 чм; 0...100 чм; 0...500 чм; 0...1 000 чм
951A фирмы «Бекман» (на NO _x)	0...25 чм; 0...100 чм; 0...250 чм; 0...1 000 чм
Фирмы «Бинос» (на CO ₂)	0...3%

Прибор-задатчик ездового цикла фирмы «Пирбург» тип II в составе: видеомонитор VG—144 фирмы «Грюндик электрон» и блока управления на основе применения микротерминала ТМ-71 фирмы «Бур—Браун». Прибор позволяет использовать не только стандартные ездовые циклы, но и получать новые и трансформировать старые; кроме того, на стенде имеются расходомер топлива PLU 116H фирмы «Пирбург» и система газоотбора постоянного объема (CVS) фирмы «Бекман».

В США, Японии и в странах ЕЭС в последние годы разработан и стандартизирован метод гравиметрического определения массовых выбросов твердых частиц при испытании легковых и грузовых автомобилей с дизелями. Масса твердых частиц определяется взвешиванием фильтров, через которые пропускается подготовленная специальным способом смесь ОГ и разбавляющего воздуха. Этот метод требует использования сложного и дорогостоящего оборудования, включающего разбавительную емкость, туннель, систему отбора проб, электронную систему управления. Испытания проводятся на стендах с беговыми барабанами.

Схема туннеля фирмы «Пирбург» (Германия) представлена на рис. 4.9, а габаритный чертеж — на рис. 4.10. Он состоит из вставного фильтрующего блока, блока измерения, блока управления и блока питания ($U=220$ В 50 Гц). Система управления оснащена микропроцессором. Индикация расхода ОГ производится в литрах. По желанию можно вызывать различное управляющее воздействие на четыре фильтрующие пары (ручное управление, периферийное или автоматическое управление).

На рис. 4.10 представлен стандартизованный вариант при размещении туннеля и воздушного фильтра на передвижной раме. В подрисуночной подписи даны два варианта исполнения туннелей. Вариант VT I соответствует варианту, применяемому ЕРА (США).

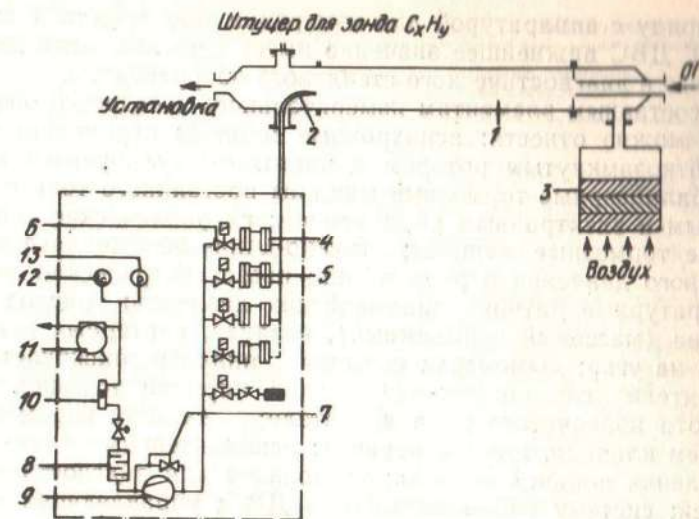


Рис. 4.9. Схема туннеля твердых частиц: 1 — разбавительная емкость-туннель; 2 — зонд для отбора пробы ОГ; 3 — воздушный фильтр; 4 — сборный фильтр частиц; 5 — вторичный фильтр; 6 — шаровой клапан; 7 — регулятор байпаса; 8 — холодильник; 9 — мембранный вакуумный насос и компрессор; 10 — потокомер с регулятором; 11 — сильфонный газометр; 12 — температурный датчик; 13 — датчик давления

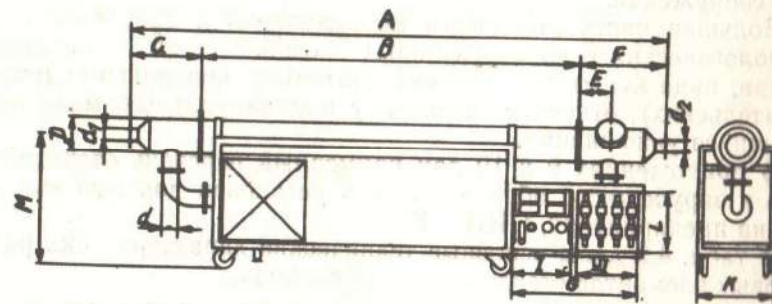


Рис. 4.10. Общий вид туннеля и его основные размеры в мм:

Вариант	VT I	VT II	Вариант	VT I	VT II
d_1	104	159	F	860	970
d_2	104	104	E	300	330
M	1060	1060	D	276	458
L	448	448	C	460	550
K	600	600	B	2680	4480
I(19")	485	485	A	4000	6000
G	1005	1005			

При использовании туннелей на беговых барабанах оценка выброса твердых частиц производится по стандартным циклам с учетом неустановившихся режимов работы дизелей.

Наряду с аппаратурой для измерения токсичности и дымности ОГ ДВС важнейшее значение имеет весь комплекс измерительного и диагностического стендового оборудования.

К составным элементам измерительного стендового оборудования можно отнести: асинхронные машины переменного тока с короткозамкнутым ротором и частотно-регулируемым приводом; балансирные тормозные машины постоянного тока с тиристорным и электронным управлением; гидравлические и индукторные тормозные машины; статико-динамические датчики избыточного давления и разрежения; пьезоэлектрические высокотемпературные датчики динамических давлений; расходомеры топлива (массовый и объемный), воздуха, картерных газов и масла на угар; дымомеры; системы анализа токсичности ОГ; измерители угла опережения начала впрыска топлива, угла поворота коленчатого вала двигателя; датчики перемещений (подъем клапана, иглы форсунки); исполнительный механизм управления подачей топлива; тепловизор для диагностики двигателей; систему вибродиагностики ДВС; управляющие вычислительные комплексы для автоматизации испытаний двигателей; специализированные вычислительные комплексы для исследования быстропеременных рабочих процессов двигателей. К стендовому оборудованию следует отнести также энергообеспечивающие системы (масляная, топливная, воздушная, охлаждающей жидкости); механические узлы, стендовые очистные сооружения.

Большая часть стендового оборудования в зависимости от технологических и конструктивных особенностей двигателя, стенда, вида испытаний (приемо-сдаточных, контрольных, исследовательских), относится к разряду индивидуальных, мало поддающихся унификации.

В приложениях 9 и 10 дан примерный перечень отечественного и зарубежного оборудования и установок для использования на предприятиях, НИИ и КБ.

В табл. 4.2 даны основные технические характеристики ряда базовых элементов стендового оборудования.

Технические характеристики Таблица 4.2

Наименование оборудования	Основные технические характеристики
1. Система измерения токсичности отработавших газов	по CO, CO ₂ NDIR по NO CLD по C _x H _y FID по NO _x парамагнитный (M)
Состав: система отбора проб; система измерения твердых частиц; модули анализаторов CO, CO ₂ , C _x H _y ; O ₂ ; H ₂	Диапазоны измерения: по CO 0...0,3; 1; 3; 10% по CO ₂ 0...2; 5; 10; 20%

Наименование оборудования	Основные технические характеристики
	по NO _x 0...50; 200; 1 000; 2 000; 5 000 чнм 0...100; 500; 2 000; 5 000 чнм по O ₂ 0...5; 10; 25% по H ₂ 0...1; 3; 6% Погрешность измерения до 2,5% Дрейф нуля 1% Выходной сигнал цифровой код Метод измерения фотометрический Диапазон измерения 0...100%
2. Устройство для измерения токсичности отработавших газов	Разрешающая способность 0,1% Погрешность измерения 0,5% Частота измерения 2 Гц Выходной сигнал цифровой код
3. Устройство для измерения выброса твердых частиц в следующем составе: роликовый стенд с точностью измерения скорости 1%; узел маховых масс с системой контроля; маятниковая машина постоянного тока; блок-стойка системы управления и индикации всего испытательного стенда с пультом дистанционного управления	
4. Роликовый стенд для проведения испытаний автотранспортных средств как на стационарных режимах, так и в любых ездовых циклах в следующем составе: роликовый стенд с точностью измерения скорости 1%; узел маховых масс с системой контроля; маятниковая машина постоянного тока; блок-стойка системы управления и индикации всего испытательного стенда с пультом дистанционного управления; газоанализатор с микропроцессорным уп-	

Наименование оборудования	Основные технические характеристики
5. Массовый расходомер топлива	<p>Метод измерения . . . гравиметрический</p> <p>Диапазон измерения . . . 0,1 . . . 200 кг/ч</p> <p>Погрешность измерения . . . 0,25%</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
6. Объемный расходомер топлива	<p>Метод измерения . . . лазерный</p> <p>Диапазон измерения . . . 0 . . . 200 л/ч</p> <p>Погрешность измерения . . . 0,25%</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
7. Измеритель расхода воздуха	<p>Метод измерения . . . лазерный</p> <p>Диапазон измерения . . . 0 . . . 1 600 кг/ч</p> <p>Погрешность измерения . . . 0,25%</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
8. Измеритель расхода картерных газов	<p>Метод измерения . . . лазерный</p> <p>Диапазоны измерения . . . 1 . . . 10 и 5 . . . 10 г/с</p> <p>Погрешность измерения . . . 0,25%</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
9. Измеритель расхода масла на угар	<p>Метод измерения . . . гравиметрический</p> <p>Диапазон измерения . . . 0 . . . 16 кг</p> <p>Погрешность измерения . . . 0,25%</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
10. Измеритель угла опережения впрыска (зажигания)	<p>Диапазон измерения . . . 0,5°</p> <p>Разрешающая способность . . . 0,1°</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
11. Измеритель угла поворота коленчатого вала двигателя	<p>Диапазон частот вращения . . . 0 . . . 2 000 мин⁻¹</p> <p>Разрешающая способность . . . 0,2°</p> <p>Выходной сигнал . . . импульсы</p>
12. Датчики перемещений (подъем иглы форсунки, клапана)	<p>Диапазоны измерений . . . 0 . . . 2 мм (игла) 0 . . . 18 мм (клапан)</p> <p>Выходной сигнал . . . цифровой код</p>
13. Исполнительный механизм управления подачей топлива	<p>Ход выходного элемента . . . 100 мм (90°)</p> <p>Максимальное усилие . . . 200 Н</p> <p>Точность позиционирования . . . 0,1 мм (0,1°)</p> <p>Время отработки максимального хода . . . 0,1 с</p> <p>Способ управления . . . пропорциональный</p>
14. Тепловизор для технической диагностики двигателей	<p>Метод измерения . . . прием инфракрасного излучения</p> <p>Диапазон температур . . . 20 . . . 280° С</p>

Наименование оборудования	Основные технические характеристики
15. Система вибродиагностики двигателей в составе: акселерометры	<p>Чувствительность . . . 1° С</p> <p>Погрешность измерения . . . 5%</p> <p>Угол обзора . . . 20×20°</p> <p>Разрешающая способность . . . 3°</p> <p>частотный диапазон . . . 0,2 . . . 2 500 Гц</p> <p>чувствительность: по напряжению . . . 1 . . . 4 мВ/мс по заряду . . . 1 . . . 4,5 пКл/мс</p>
виброметры	<p>погрешность . . . 2%</p> <p>частотный диапазон . . . 3 . . . 15 кГц</p> <p>погрешность . . . 2%</p> <p>частотный диапазон . . . 0,3 Гц . . . 100 кГц</p>
усилители-формирователи, математический аппарат по диагностированию объекта исследований и др.	
16. Типоразмерный ряд статико-динамических датчиков разрежения и избыточного давления	<p>Диапазоны измерения разрежения . . . 6 . . . 0 кПа и 100 . . . 0 кПа</p> <p>Диапазоны измерения избыточного давления . . . 0 . . . 6 кПа и 0 . . . 200 кПа</p> <p>Погрешность измерения . . . 0,25%</p> <p>Частота собственных колебаний . . . до 1 000 Гц</p> <p>Нелинейность выходной характеристики . . . 0,2%</p> <p>Исполнение присоединения . . . резьбовое</p>
17. Пьезоэлектрические высокотемпературные датчики динамических давлений	<p>Группы диапазонов измерения, МПа . . . 0 . . . 2; 0 . . . 5; 0 . . . 15; 0 . . . 20; 0 . . . 60; 0 . . . 100; 0 . . . 140; 0 . . . 200</p> <p>Нелинейность выходной характеристики: до 5 МПа . . . не более 0,5% до 100 МПа . . . не более 0,6% до 200 МПа . . . не более 0,8%</p> <p>Длина: с охлаждением . . . не более 70 мм без охлаждения . . . не более 40 мм</p> <p>Исполнение присоединения резьбовые . . . М10×1 и 14×1,25; М18×1,5</p>
18. Типоряд асинхронных машин переменного тока с короткозамкнутым ротором и частотно-регулируемым приводом	<p>Диапазон мощностей . . . 15 . . . 250 кВт</p> <p>Частота вращения . . . 400 . . . 6 000 мин⁻¹</p> <p>Вращающий (крутящий) момент . . . 50 . . . 600 Н·м</p>

Наименование оборудования	Основные технические характеристики
	Режимы работы — двигательный и генераторный Режимы работы системы регулирования: с точностью 10 мин ⁻¹ с точностью 0,5% комбинированный — регулирование частоты вращения и вращающего момента Управление дистанционное от ЭВМ
19. Типоряд балансирных тормозных машин постоянного тока с тиристорным управлением	Диапазон мощностей . . . 15...250 кВт Частота вращения . . . 400...6 000 мин ⁻¹ Вращающий (крутящий) момент 50...600 Н·м Режимы работы — двигательный и генераторный Режимы работы системы регулирования: с точностью 10 мин ⁻¹ с точностью 0,5% комбинированный — регулирование частоты вращения и вращающего момента Управление дистанционное от ЭВМ
20. Типоряд гидравлических тормозных машин	Диапазон мощностей . . . 100...1 200 кВт Частота вращения . . . 400...8 000 мин ⁻¹ Вращающий (крутящий) момент 500...9 000 Н·м Режим работы — генераторный Режимы работы системы регулирования: с точностью 10 мин ⁻¹ с точностью 0,5% комбинированный — регулирование частоты вращения и вращающего момента Управление дистанционное от ЭВМ
21. Типоряд индукторных тормозных машин	Диапазон мощностей . . . 20...500 кВт Частота вращения . . . 400...1 000 мин ⁻¹

Наименование оборудования	Основные технические характеристики
	Вращающий (крутящий) момент 200...2 000 Н·м Режим работы генераторный Режимы работы системы регулирования: с точностью 10 мин ⁻¹ с точностью 0,5% комбинированный — регулирование частоты вращения и вращающего момента Управление дистанционное от ЭВМ
22. Специализированные управляющие вычислительные комплексы для автоматизации испытаний двигателей	Разрядность процессора 16 бит Быстродействие процессора 10 оп/с Разрядность АЦП 12 бит Быстродействие АЦП 10 мкс Емкость ОЗУ 2 000 Кбайт Емкость ПЗУ 150 Кбайт Число входов-выходов до 312 Устройства ввода-вывода видеотерминал, печать, графопостроитель, НМД емкостью до 30 Мбайт
23. Специализированные вычислительные комплексы для исследования быстропеременных рабочих процессов двигателей	Разрядность процессора 16 бит Быстродействие процессора 10 оп/с Разрядность АЦП 12 бит Быстродействие АЦП 2 мкс Емкость ОЗУ 2000 Кбайт Емкость ПЗУ 150 Кбайт Число входов-выходов до 312 Устройства ввода-вывода видеотерминал, печать, графопостроитель, НМД емкостью до 40 Мбайт
24. Стационарные системы очистки отработавших газов двигателей в процессе их обкатки и испытаний на тормозных стендах	Диапазон мощностей 15...500 кВт Степень очистки: СО не менее 70% С _x Н _y не менее 70% NO _x не менее 40% твердые частицы не менее 50%

Для проведения специальных научно-исследовательских работ создаются индивидуальные установки, в состав которых может входить и стандартное высокоточное оборудование.

5. НОРМИРОВАНИЕ ТОКСИЧНОСТИ И ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

5.1. Оценка загрязненности атмосферы отработавшими газами

Общие сведения. Данные по выбросам в атмосферу некоторых веществ естественного и промышленного происхождения представлены в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Соотношения между естественным и промышленным выделением вредных веществ в атмосферу Земли

Компонент	Природные выделения, т/год	Индустриальные выбросы, т/год
Оксид углерода	—	$2 \cdot 10^8$
Соединения азота	$1,4 \cdot 10^9$	$6,5 \cdot 10^7$
Пыль	$(0,77 \dots 1,2) \cdot 10^9$	$(0,1 \dots 0,2) \cdot 10^9$
Сернистый газ	$1,42 \cdot 10^8$	$1,03 \cdot 10^8$
Диоксид углерода	$7 \cdot 10^{10}$	$1,5 \cdot 10^{10}$

Увеличение потребления минерального топлива привело к быстрому росту содержания в атмосфере диоксида углерода CO_2 . В настоящее время его содержание в атмосфере составляет 350 чзм, ежегодно увеличиваясь на 0,5%, что вызывает достаточно быстрое потепление климата на Земле — так называемый «парниковый эффект». По оценкам ученых в результате роста содержания CO_2 в атмосфере к 2010 г. средняя температура Земли может повыситься на 3°C . В 1988 г. международной конференцией по вопросам изменения атмосферы была принята рекомендация чтобы выброс CO_2 к 2005 г. снизить на 20%, а к середине следующего столетия — на 50%. Директива 89/458/E стран «Общего рынка» предписывает всеми возможными способами содействовать снижению выброса CO_2 автомобилями. В 1990 г. и последующих годах правительства Японии, США и других стран утвердили «Программы действий по предотвращению потепления климата Земли», целью которых является в Японии — стабилизация выброса CO_2 в атмосферу после 2000 г. на уровне 1990 г., а программа США предусматривает 40-процентное сокращение выброса CO_2 .

Несмотря на то, что естественное природное выделение ряда токсичных компонентов превышает промышленное, последнее в жизнедеятельности человека играет более заметную роль из-за локального загрязнения атмосферы промышленных и строительных объектов, городов, карьеров, шахт, в населенных пунктах и в районах выращивания сельхозпродукции растительного

и животного происхождения. В развитых странах с высоким уровнем автомобилизации доля автотракторной техники в выбросе вредных веществ весьма высока. Значительное увеличение производства такой техники и общемировая тенденция дизелизации постепенно увеличивают долю дизелей в общем балансе загрязнения атмосферного воздуха. При оценке последствий загрязнения атмосферы на территории различных регионов следует учитывать степень промышленного развития, количество автотракторной техники, географические и климатические условия, а также вопросы организации движения транспортных средств и время суток.

Стандарты на качество воздуха позволяют сконцентрировать усилия по оздоровлению атмосферного воздуха в тех районах, в которых загрязнение его превышает допустимые пределы.

В СНГ нормы для атмосферного воздуха установлены ниже защитноприспособительных реакций. В этом заключается отличие в подходе к нормированию в СНГ по отношению к другим странам, в которых под критерием вредности загрязнения атмосферы понимается заболеваемость человека.

Предельно допустимые концентрации. Нормативом качества воздуха является предельно допустимая концентрация (ПДК) индивидуального вещества.

В СНГ утверждены атмосферные предельно допустимые концентрации на 140 вредных веществ. В табл. 5.2 представлены значения ПДК токсичных компонентов в воздухе населенных пунктов и рабочей зоны согласно нормам, утвержденным Главным санитарно-эпидемиологическим управлением Министерства здравоохранения СССР и Госстроем СССР (СН 245—71 и последующие дополнения), типичных для ОГ двигателей внутреннего сгорания.

Концентрация каждого токсичного компонента, в том числе на рабочем месте, не должна превышать значений, указанных в табл. 5.2.

Таблица 5.2

Нормы предельно допустимой концентрации токсичных веществ, мг/м³

Зона	Оксиды азота			Сажа	СО	БП	C_xH_y	Альдегиды	
	NO_x	NO_2	NO					Акролен	Формальдегид
На рабочем месте (ПДК _{р.з.})	5	9	30	3,5	20	0,00015	30	0,70	0,5
В атмосфере населенных мест: среднесуточная (ПДК _{с.с.})	—	0,085	—	0,05	1	0,001	—	0,03	0,012
максимальная (ПДК _{м.р.})	—	0,085	—	0,15	3	—	—	0,03	0,035

Загазованность и запыленность воздуха на рабочих местах — один из наиболее распространенных видов вредности.

Минздравом СССР установлено дополнительное требование об обязательном суммировании воздействия оксидов серы и азота, которое выражается условием

$$\frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1,$$

(C — концентрации соответствующих веществ), действующим и в настоящее время и ужесточающим требования, предъявляемые к двигателям внутреннего сгорания с точки зрения охраны атмосферного воздуха от загрязнений.

5.2. Организация природоохранной работы в отношении загрязнения атмосферы в Японии

Представляет практический интерес обратиться к опыту Японии по охране атмосферы от загрязнения вредными веществами транспорта и промышленных предприятий, поскольку ее подход является комплексным, принесшим эффективные практические результаты.

В 1962 г. была опубликована общенациональная программа развития, в основу которой положен принцип развития базовых районов. В этом же году впервые был принят закон о регулировании количества сажи в промышленных отходах.

В 1967 г. был принят Основной закон о мерах борьбы с загрязнением окружающей среды и создана Центральная комиссия по мерам борьбы с этим загрязнением.

Этапной стала внеочередная сессия парламента в конце 1970 г., принявшая 14 законов по защите окружающей среды. В целом они сформировали базу — комплекс обязательных природоохранных, законодательных и организационных мер, обеспечивающих успех программы в целом. В части охраны атмосферы из этих законопроектов следует отметить следующие:

частичная корректировка Закона о защите атмосферы от загрязнения;

частичное изменение Закона о регулировании шума (было введено нормирование автомобильного шума и предоставлены полномочия губернаторам округов, областей и префектур по определению районов применения Закона);

принят Закон о покрытии виновной стороной расходов по борьбе с загрязнением;

Принят Закон о наказаниях за преступное загрязнение окружающей среды, повлекшее за собой ущерб для здоровья людей.

В декабре 1970 г. правительство приняло решение об учреждении Управления охраны окружающей среды. В результате к

1973 г. были заложены основы регулирования загрязнения окружающей среды и системы административных мер борьбы с ними.

Статьей 4 Основного закона определены обязанности государственных органов по разработке и реализации комплексных программ борьбы с загрязнением окружающей среды. Основные направления этих программ следующие:

введение норм состояния окружающей среды и обеспечение их соблюдения;

осуществление регулирования выбросов вредных веществ, принятие Закона о защите атмосферы от загрязнения;

осуществление регулирования в области землепользования и использования различного производственного оборудования;

совершенствование оборудования, имеющего отношение к профилактике загрязнения окружающей среды;

создание контрольно-измерительной службы;

ведение исследований;

содействие научно-технической деятельности, развитие исследований в области технологии защиты окружающей среды;

распространением знаний в области защиты окружающей среды;

включение мероприятий по защите окружающей среды в региональные программы развития.

Принятие программ охраны окружающей среды, как и введение норм ее охраны, связано с тем, что прежние регулирование деятельности отдельных предприятий не позволяло эффективно бороться с загрязнением в масштабах региона. Система этих программ была введена одновременно с принятием Основного закона.

Регионы, в которых принимаются программы по защите окружающей среды, определяются на основании Основного закона. К ним относятся районы с высоким уровнем загрязненности, в которых разрешение проблемы загрязнения признается крайне сложным без принятия соответствующих комплексных мер, и районы, где в результате быстрого роста населения и развития промышленности существует угроза серьезного загрязнения окружающей среды. Первые районы — это так называемые районы фактического загрязнения, вторые — районы предварительной профилактики, или районы начальной стадии.

Процедура составления программ по защите окружающей среды выглядит описанным ниже образом.

1. Премьер-министр разрабатывает основные направления программы.

2. Премьер-министр предлагает созвать Комиссию по борьбе с загрязнением окружающей среды для обсуждения проблемы. Одновременно он выслушивает мнения губернаторов соответствующих округов, областей и префектур, знакомит их с разработанными основными направлениями и предлагает приступить

к составлению планов мероприятий по защите окружающей среды.

3. Получившие такое указание губернаторы округов, областей и префектур в соответствии с основными направлениями составляют свои планы мероприятий по защите окружающей среды и представляют их премьер-министру на одобрение.

4. Премьер-министр после обсуждения планов Комиссией по борьбе с загрязнением окружающей среды утверждает их.

Нормы, регулирующие попадание загрязняющих веществ в атмосферу в Японии, основаны на нормах содержания этих веществ во вредных выбросах. При этом в промышленных районах, где высока концентрация источников загрязнения, осуществляется суммарное нормирование. Для руководства деятельностью предприятий по профилактике загрязнения и обеспечения соблюдения принятых норм органы местного самоуправления наделяются правом инспектирования. Кроме того, в целях административного обеспечения усилий предприятий по охране окружающей среды учрежден институт контролеров по профилактике загрязнения на предприятиях, причем провер-

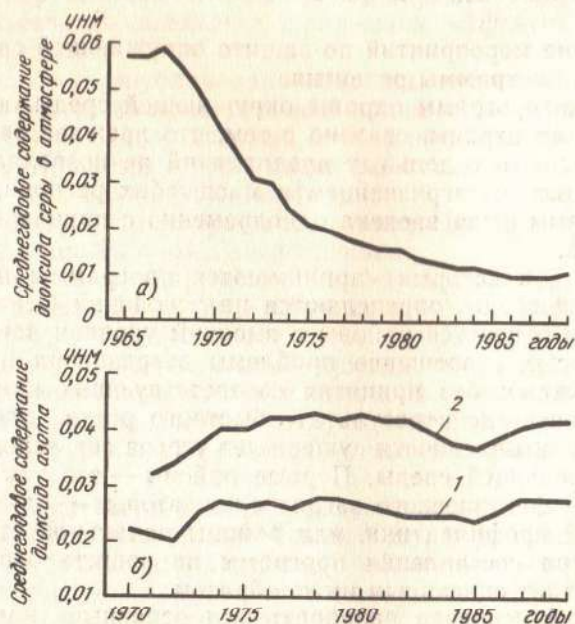


Рис. 5.1. Динамика изменения среднегодовых значений выбросов SO₂ и NO₂ (по данным Управления охраны окружающей среды Японии): а — содержание SO₂ в атмосфере (15 измерительных станций); б — содержание NO₂ в ОГ автомобилей (22 измерительные станции) и в атмосфере (15 измерительных станций); 1 — в ОГ; 2 — в атмосфере

ка их квалификации возлагается на ассоциации по профилактике промышленного загрязнения окружающей среды. Регулирование загрязнения атмосферы осуществляется не только на производстве, но и по отношению к движущимся источникам загрязнения, например, автомобилям.

В Японии благодаря принятию энергичных мер по улучшению состава топлива и борьбе с вредными выбросами в отработавших газах автомобилей, концентрация оксидов серы в окружающей среде, достигнув пика в 1967 г., начала снижаться, и с 1989 г. их содержание в атмосфере стабилизировалось и не превышает предельно допустимых значений (рис. 5.1, а). В то же время разрешение проблемы оксидов азота сопряжено с немалыми трудностями. Основным направлением регулирования выброса NO_x в атмосферу является снижение расхода топлива. Вторым важным и действенным рычагом является планомерное ужесточение стандартов на выброс оксидов азота с ОГ автомобилей. Однако постоянное увеличение производства автомобилей (рис. 5.2) результаты принятых мер сводит на нет

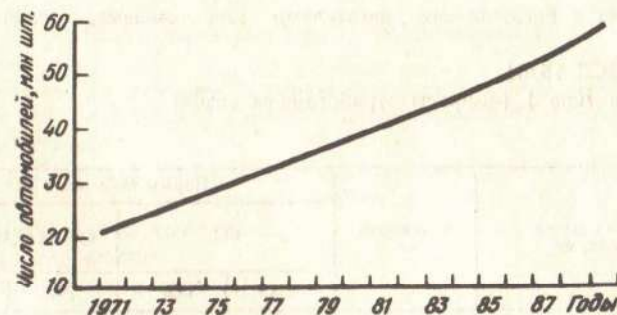


Рис. 5.2. Динамика роста производства автомобилей

(рис. 5.1, б). Поэтому как основная стратегическая задача управления по охране окружающей среды Японии рассматривается стабилизация уровня выбросов в атмосферу оксидов азота к 2000 г. на уровне выбросов 1990 г.

5.3. Нормирование токсичности и дымности отработавших газов

За время действия государственных стандартов и в результате энергичных действий правительства США по данным ЕРА содержание углеводородов в ОГ новых легковых автомобилей сократилось почти в 26 раз, СО — в 25 раз, NO_x — в 4 раза. Суммарное содержание углеводородов и NO_x в ОГ легких гру-

зовиков снизилось с 1969 по 1987 г. в 10 раз, NO_x — на 36%, токсичность ОГ тяжелых грузовиков по СО уменьшена в 5,5 раза, а по сумме углеводородов и NO_x — в 3,6 раза. Общий выброс вредных веществ в США за этот период сократился на 21 млн тонн, в том числе по СО на 34%, а по NO_x на 13%.

Очень энергичные меры по снижению вредных выбросов автотранспортными средствами принимаются также Японией, странами ЕЭС, Канадой, Кореей, странами Юго-Восточной Азии и другими государствами введением жестких норм. В разных странах они отличаются по типу машин, на которые распространяются, по условиям, для которых устанавливается предельный выброс токсичных веществ, а также по допустимой величине этого выброса.

В табл. 5.3...5.16 приведены стандарты и нормы, принятые в зарубежных государствах.

Таблица 5.3

Нормы Европейской экономической комиссии

Автомобили с бензиновыми двигателями или дизелями, полная масса ≤ 3500 кг
 Правила ECE 15/04
 Испытания типа 1 (выбросы отработавших газов)

Контрольная масса автомобиля, кг	Категория, кг	Нормы выброса, г/исп			
		СО		сумма C_xH_y и NO_x	
		TAS	COP	TAS	COP
Меньше или равна 750	680	58	70	19	23,8
То же 850	800	58	70	19	23,8
» 1020	910	58	70	19	23,8
» 1250	1130	67	80	20,5	25,6
» 1470	1360	76	91	22	27,5
» 1700	1590	84	101	23,5	29,4
» 1930	1810	98	112	25	31,3
» 2150	2040	101	121	26,5	33,1
Свыше 2150	2270	110	132	28	35

Дополнительно для бензиновых двигателей Испытания типа 2 (холостой ход, на содержание СО):

- 3,5% — при регулировке в соответствии со спецификацией изготовителя;
- 4,5% — при отсутствии регулировок в соответствии со спецификацией изготовителя

$\text{C}_x\text{H}_y + \text{NO}_x \cdot 1,25$ — для легковых автомобилей с числом пассажиров более 6 и легких грузовиков

Испытания типа 3 (испарения и экартера) должны отсутствовать. Дополнительно для дизелей — измерение дымности в соответствии с ECE-24/03

Правила ECE 83

Нормы по токсичности

Группа А: этилированный бензин — в соответствии с ECE 15/04.
 Группа В: неэтилированный бензин — в соответствии с ВВ 436/ЕЕС.
 Группа С: дизельное топливо — в соответствии с ВВ 436/ЕЕС.
 Дополнительно для дизелей — измерение дымности в соответствии с ECE-24/03.

Примечание. TAS — для подготовленного автомобиля; COP — для автомобиля из серии.

Таблица 5.4

Новая директива ЕЭК по токсичности ОГ

Для легковых автомобилей с бензиновыми двигателями или дизелями с числом пассажиров 6 и менее с полной массой 2,5 т и меньше

Методы испытаний:

- Тип 1 (выброс вредных веществ, новый ездовой цикл MVEG—А).
- Тип 2 (холостой ход, на содержание СО).
- Тип 3 (испарения из картера).
- Тип 4 (долговечность).
- Тип 5 (выброс паров топлива).

Стандарт единицы измерения — г/км.

СО	$\text{C}_x\text{H}_y + \text{NO}_x$	ТЧ	Пары (г/с)	Примечание
2,72	0,97	0,14	2	Для подготовленного автомобиля
3,16	1,13	0,18 Только дизели	2 Только бензиновые двигатели	Для автомобиля из серии

Ужесточение

01.07.92 г.: новые нормы, обязательные для приемки нового типа;
 31.12.92 г.: новые нормы, обязательные для всех первых регистраций.

Переходные нормы

до 01.07.93 г. приемка нового типа;
 31.12.94 г. все первые регистрации;
 альтернативная методика испытаний США FTR-75 в соответствии с Приложением 111 директивы ЕЭК;
 легковые автомобили с рабочим объемом двигателя более 2 л — в соответствии с 88/76/ЕЭК;
 легковые автомобили с рабочим объемом двигателя менее 1,4 л — в соответствии с 89/458/ЕЭК;
 01.07.94 г. приемка нового типа;
 31.12.94 г. все первые регистрации;
 $C_xH_y + NO_x$ и ТЧ — 1,4 для легкового автомобиля с дизелем с непосредственным впрыском топлива.
 ЕЕС Европейская экономическая комиссия (автомобили с дизелями кроме легковых автомобилей с полной массой меньше или равной 3,5 т);
 ЕСЕ автомобили с дизелями с полной массой более 3,5 т

Директива	Метод испытаний	Выбросы	Нормы, г/(кВт·ч)				
			действующие		перспективные*		перспективные**
			TAS	COP	TAS	COP	
88/77 ЕЕС ECE 49/01	13-ступенчатый	C_xH_y CO NO _x	2,4 11,2 14,4	2,6 12,3 15,8	— — —	— — —	— — —
ЕЕС (на рассмотрении)	То же	C_xH_y CO NO _x ТЧ (≤ 85 кВт) ТЧ (> 85 кВт)	— — — — —	— — — — —	1,1 4,5 8 0,61	1,23 4,9 9 0,68	1,1 4 7 0,15
			—	—	0,36	0,4	—

Дополнительно — измерение дымности в соответствии с 72/306/ЕЕС и 88/77/ЕЕС; измерение дымности в соответствии с 24/03 ЕСЕ и ЕСЕ 49/01.

* 01.07.92 новые стандарты для новых типов;
 01.10.93 новые стандарты для первой регистрации (все автомобили).
 ** 10.95 новые стандарты для новых типов;
 10.95 новые стандарты для первой регистрации (все автомобили).

Примечание. TAS — для подготовленного автомобиля; COP — для автомобиля из серии.

Стандарты США (49 штатов)

Автомобили малой грузоподъемности (меньше или 12 пассажиров)

Правила	Метод испытаний	Выбросы	Пробег (мили)	Единица измерения	Нормы	
					действующие	с 1994 г.*
CFR-40, § 86	США FTR-75	C_xH_y	50 000	г/миля	0,41	0,25
			100 000		—	0,31
То же	То же	CO	50 000	То же	3,4	3,4
			100 000		—	4,2
»	»	NO _x * (бензиновые)	50 000	»	1	0,4
			100 000		—	0,6
»	»	NO _x по «горячему циклу» (бензиновые)	50 000	»	1,22	NO _x ·1,33
			100 000		—	NO _x ·1,33
»	»	NO _x ** (дизели)	50 000	»	1	1
			100 000		—	1,25
»	»	NO _x ** по «горячему циклу» (дизели)	50 000	»	1,22	NO _x ·1,33
			100 000		—	NO _x ·1,33
»	»	ТЧ** (дизели)	50 000	»	0,2	0,08
			100 000		—	0,1
—	SHED	Пары* бензина	50 000	г/исп	2	2
			100 000		—	0
—	—	Картерные газы	—	—	0	0
			—		—	0,5
—	—	Холостой ход на содержание CO	—	% по объему	0,5	0,5
			—		—	0,5

* Введение норм с 1994 г.:
 по 1994 г. — 40% объема продаж;
 по 1995 г. — 80% объема продаж;
 по 1996 г. — 96...100% объема продаж;
 нормы на твердые частицы — с отсрочкой на один год.
 ** Начиная с 1993 г. вводится стандарт только на безметановые углеводороды.
 После принятия закона «Акция — чистый воздух» после 1994 г.:
 норма по CO (500 000 миль пробега) — 10 г/миля;
 полный возврат картерных испарений;
 новые испытания на выброс паров топлива;
 новый цикл на картерные газы+стандарт при высокой температуре.

Стандарты США (49 штатов)

Таблица 5.6

Правила	Метод испытаний	Выбросы	Пробег автомобиля	Единица измерения	Масса нагруженного автомобиля, фунты		
					действующие	с 1994 г.	Нормы*
					до 3750	3751...5750	
CFR-40, § 86	США FTP-75	С _x Н _y	50 000	г/миля	0,5	0,25	0,8
>	>	СО	100 000	То же	10	3,4	10
>	>	NO _x * (бензиновые)	50 000	>	1,2	0,4	1,7
>	>	NO _x * по «горячему циклу» (бензиновые)	100 000	>	1,54	0,6	2,18
>	>	NO _x ** (дизели)	50 000	>	1,2	NO _x *1,33	1,7
>	>	NO _x * по «горячему циклу» (с 1994 г.)	100 000	>	1,54	NO _x *1,33	2,18
>	>	ТЧ** (дизели)	50 000	>	0,25	0,08	0,13
>	>	Пары бензина	100 000	г/исп	2	2	2
>	SHED	Холостой ход на содержание СО	100 000	% по объему	0,5	0,5	0,5
>	>	Картерные газы	—	—	0	0	0

* Введение норм с 1994 г.: по 1994 г. — 40% объема продается; по 1995 г. — 80% объема продается; по 1996 г. — 96...100% объема продается; нормы на твердые частицы — с отсрочкой на один год.

** Начиная с 1993 г. вводится стандарт только на безметановые углеводороды. После принятия закона «Акция — чистый воздух» после 1994 г.: норма по СО (120 000 миль пробега) — 12 г/миля (0...3750 фунтов) полный возврат картерных испарений — 15 г/миля (3751...5750 фунтов); новые испытания на выброс паров топлива; новый цикл на картерные газы — стандарт при высокой температуре; нормативная масса автомобиля — его масса + 300 фунтов.

Примечание. Здесь и далее — для перевода из фунтов в кг надо умножить число на 0,453.

Таблица 5.7

Стандарты штата Калифорния (США) для легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности

Порядок введения более жестких норм по токсичности:

с 1991 г. — принятые ранее;

с 1993 г. — новые нормы по С_xН_y и СО в течение пробега в 100 000 миль; новая процедура испытаний на испарение топлива + нормы при высоких температурах (40,5° С, 105° F);

нормы на формальдегид;

с 1994 г.:

ОВД II (принятые с марта 1994 г.);

введение норм на автомобили с низкой токсичностью, цель — Автомобиль с нулевой токсичностью;

с 1998 г.:

нормы на «холодный пуск» для NMOG, СО, NO_x и твердые частицы на уровне стандарта «Автомобиль с нулевой токсичностью».

Перспективные нормы для малотоксичных легковых автомобилей и грузовых автомобилей малой грузоподъемности (г/миля) при пробеге 50 000 и 100 000 (в скобках) миль

Выбросы	Масса груженого автомобиля, фунты					
	до 3750			3751...5750		
	TLEV	LEV	ULEV	TLEV	LEV	ULEV
NMOG	0,125 (0,156)	0,075 (0,09)	0,04 (0,085)	0,156 (0,2)	0,1 (0,13)	0,04 (0,07)
СО	3,4 (4,2)	3,4 (4,2)	1,7 (2,1)	4,4 (5,5)	4,4 (5,5)	2,2 (2,8)
NO _x	0,4 (0,6)	0,2 (0,3)	0,2 (0,3)	0,7 (0,9)	0,4 (0,5)	0,4 (0,5)
ТЧ	— (0,07)	— (0,07)	— (0,03)	— (0,07)	— (0,07)	— (0,03)
Формальдегид	0,015 (0,018)	0,015 (0,018)	0,008 (0,011)	0,018 (0,023)	0,018 (0,028)	0,009 (0,013)

Примечания: TLEV — переходные малотоксичные автомобили; LEV — малотоксичные автомобили; ULEV — ультрамалотоксичные автомобили; NMOG — безметановые углеводороды (органические).

Стандарты штата Калифорния (США) для грузовых автомобилей малой и средней грузоподъемности

Для грузовых автомобилей малой грузоподъемности полной массой меньше или равной 6000 фунтов
 Для автомобилей средней грузоподъемности полной массой более 6000 и меньшей или равной 8500 фунтов

Тип двигателя	Выбросы	Масса груженого автомобиля, фунт	Пробег, миль	Единица измерения	Нормы		
					с 1989 г.	с 1993 г.*	с 1995 г.
Бензиновый	С _x Н _y	Меньше или равна	3 750	г/миля	0,41 (0,39)**	0,39 (0,25) (0,31)	0,25 0,31
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	То же	0,5 (0,5)	0,5 (0,32) (0,4)	0,32 0,4
	СО	Меньше или равна	3 750	»	9	9 (3,4) (4,2)	3,4 4,2
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	»	9	9 (4,4) (5,5)	4,4 5,5
	NO _x	Меньше или равна	3 750	»	0,7 (0,4)***	0,7 (0,4)*** 1	0,4 0,7
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	»	1,4 (0,8) 2	1,4 (0,8) 2	0,8 1,4
	NO _x по «горя- чему циклу»	Меньше или равна	3 750	г/исп	2	2	2
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	—	0	0	0
	Пары бензина Картерные газы	Все	50 000	г/исп	2	2	2
		Все	50 000	—	0	0	0
Дизель	С _x Н _y	Меньше или равна	3 750	г/миля	0,46	0,46 (0,31)	0,31
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	»	0,5 (0,5)	0,5 (0,4)	0,4
	СО	Меньше или равна	3 750	»	10,6	10,6 (4,2)	4,2
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	»	9	9 (5,5)	5,5
	NO _x	Меньше или равна	3 750	г/миля	1	1	1
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	»	1,5	1,5	1,5
	NO _x по «горя- чему циклу»	Меньше или равна	3 750	»	2	2	2
		Больше Меньше или равна	3 750 5 750	»	3	3	3
	ТЧ	Все	100 000	—	0,08	0,08	0,08
		Все	100 000	—	0	0	0
Картерные газы	Все	100 000	—	0	0	0	
	Все	100 000	—	0	0	0	

* Стандарты вводятся в 1993 г. — для 40% выпуска автомобилей; в 1994 г. — для 80%; в 1995 г. — для 100%.

** В скобках даны нормы на бензиновые углеводороды, с 1993 г. вводятся нормы только на бензиновые углеводороды.

*** Стандарты вводятся в 1989 г. — 50% выпуска автомобилей; в 1990 г. — 90%; в 1994 г. — 100%.

Таблица 5.11

Стандарты Швейцарии

Автомобили с бензиновыми двигателями или дизелями (полная масса меньше или равна 3500 кг)

Правила	Тип автомобиля	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы	
					действующие	вводимые с 10.1992 г.
FAV 1	С массой полезной нагрузки меньше или равной 760 кг, вместимостью меньшей или равной 9 пассажиров	США FTP-75	C _x H _y	г/км	0,25	—
			CO	То же	2,1	—
			NO _x	»	0,62	—
			NO _x по «горячему циклу»	»	0,76	—
			ТЧ (дизели)	»	0,124	—
		SHED	Пары топлива	г/исп	2	—
			Холостой ход: на содерж. C _x H _y	ррт	100	—
			CO (бензиновые)	% по объему	0,5	—
			Картерные газы	—	0	—
С массой полезной нагрузки больше 760 кг	США FTP-75	C _x H _y	г/км	0,5	—	
		CO	То же	6,2	—	
			NO _x	»	1,1	—
			NO _x по «горячему циклу»	»	1,8	—
			ТЧ (дизели)	»	0,37	0,162
		SHED	Пары топлива	г/исп	2	—
			Холостой ход: на содерж. C _x H _y	ррт	200	—
			CO (бензиновые)	% по объему	1	—
			Картерные газы	—	0	—

Автомобили с дизелями (полная масса больше 3500 кг)

Правила	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы	
				действующие	введенные с 10.1991 г.
FAV2	13-ступенчатый цикл	C _x H _y	г/(кВт·ч)	2,1	1,23
		CO	То же	8,4	4,9
		NO _x	»	14,4	9
		ТЧ	»	—	0,7

Примечание. Дополнительно производится измерение дымности ОГ дизелей.

Таблица 5.12

Стандарты Швеции

Автомобили с бензиновыми двигателями или дизелями (полная масса меньше или равна 3500 кг)

Правила	Тип автомобиля	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы		
					действующие	с 10.1991 г.	перспективные с 10.1992 г.* с 10.1994 г.**
A 13	Легковые автомобили массой меньшей или равной 760 кг	США FTP-75	C _x H _y	г/км	0,25	0,25	0,19
			CO	То же	2,1	2,1	2,1
			NO _x	»	0,62	0,25	0,25
			NO _x по «горячему циклу»	»	0,76	0,31	0,31
			ТЧ (дизели)	»	0,124	0,05	0,05
			Пары топлива	г/исп	2	2	2
		SHED	Холостой ход: на содерж. C _x H _y	ррт	100	100	100
			CO (бензиновые)	% по объему	0,5	0,5	0,5
			Картерные газы	—	0	0	0
			C _x H _y	г/км	—	0,5	0,25
			CO	То же	—	6,2	4,2
			NO _x	»	—	1,1	0,4
США FTP-75	NO _x по «горячему циклу»	»	—	1,4	0,8		
	ТЧ (дизели)	—	—	—	0,05		

Продолжение таблицы 5.12

Правила	Тип автомобиля	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы		
					действующие	перспективные	
						с 10.1991 г.	с 10.1992 г.*
А 10*	Грузовики и автобусы массой 760...2500 кг	SHED	Пары топлива	г/исп	—	—	2
			Холостой ход:	ppг	—	—	—
			на содерж. C _x H _y				
			CO (бензиновые)	% по объему	—	—	0,5
			Картерные газы	—	—	—	0
C _x H _y	г/км	2,1	—	—			
А 10*	То же	ECE 15/04	Холостой ход:	»	24,2	—	—
			на содерж. CO	»	—	—	—
			NO _x	»	1,9	—	—
А 10*	То же	—	Холостой ход:	% по объему	3,5	—	—
			на содерж. CO	—	0	—	—
А 10*	То же	—	Картерные газы	—	—	—	—

* в течение 80 000 км пробега.

** в течение 160 000 км пробега.

Г И М с ч а н и е. Дополнительно производится измерение дымности ОГ дизелей.

Таблица 5.13

Стандарты Швеции, Норвегии
Автомобили с дизелями (полная масса больше 3500 кг)

Правило	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы (перспективные)				
				с 10.1992 г. Швеция				
				с 10.1992 г.	с 10.1993 г.	с 10.1993 г. Норвегия		
А30 (S)	13-ступенчатый	C _x H _y CO NO _x ТЧ	г/(кВт·ч)	1,2	—	1,2		
			»	4,9	—	4,9		
			»	9	—	9		
			»	0,4	—	0,4		
Стандарты Дании, Норвегии, Финляндии								
Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Дания	Норвегия	Финляндия	Нормы		
						Масса полезной нагрузки меньше или равна 760 кг		
						Дания	Норвегия	Финляндия
США FTP-75	C _x H _y CO NO _x	г/км То же » »	0,25	0,25	0,25	83/351/ЕЕС		
			2,1	2,1	2,1	или		
			0,62	0,62	0,62	ECE 15/04		
			0,76	0,76	0,76			
SHED	NO _x по «горячему циклу» ТЧ (дизели) Пары топлива Холостой ход: на содерж. C _x H _y CO (бензиновые) Картерные газы	г/исп ppг % по объему —	0,124	0,124	0,373*	0,5		
			2	2	2	0,162		
			100	100	—	200		
			0,5	0,5	—	1		
SHED	Картерные газы	—	0	0	0	0		

* Вводится 0,124 г/км с 01.1993 г.

В Дании — альтернативная типовая приемка для легковых автомобилей с рабочим объемом двигателя меньше или равным 1,4 л в соответствии с 89/458/ЕЭК с катализатором замкнутого цикла, дополнительные нормы по содержанию CO (0,010% по объему) в пассажирском салоне.

Дополнительно производится измерение дымности ОГ дизелей.

Таблица 5.14

Стандарты Канады

Автомобили малой грузоподъемности (меньше или 12 пассажиров)

Правила	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы	
				действующие	вводимые с 1994 года*
Canada Gazette	США FTP-75	C _x H _y CO NO _x	г/миля	0,41	0,25
			»	3,4	3,4
		ТЧ (дизели)	»	1	0,4
		Пары топлива	»	0,2	0,08
	SHED	Картерные газы	г/исп	2	2
			—	0	0

Грузовые автомобили малой грузоподъемности (полная масса меньше или равна 5 000 фунтов)

Правила	Метод испытаний	Выбросы	Грузовые автомобили малой грузоподъемности, полная масса < 5 000 фунтов	Единица измерения	Нормы	
					действующие	вводимые с 1994 г.*
Canada Gazette	США FTP-75	C _x H _y **	≤ 3 750	г/миля	0,80	0,25
			> 3 750	»	10	0,32
		CO	≤ 3 750	»	1,2	0,4
		NO _x	> 3 750	»	1,7	1
	SHED	ТЧ** (дизели)	—	»	0,26	0,08
		Пары топлива	—	г/исп	2	2
		Холостой ход: на содерж. CO (бензиновые)	—	% по объему	0,5	0,5
		Картерные газы	—	—	0	0

* Введение американских норм на 100% с 1991 г.
** С 1994 года — только безметановые углеводороды.

Пробег автомобилей малой грузоподъемности — 50 000 миль.
Пробег грузовых автомобилей малой грузоподъемности — 120 000 миль.
Масса груженого автомобиля равна массе автомобиля плюс 300 фунтов.

Стандарты Австрии

Таблица 5.15

Автомобили с бензиновыми двигателями или дизелями (полная масса меньше или равна 3500 кг)

Правила	Тип автомобиля	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы	
					действующие с 10.1993 г.	вводимые с 10.1995 г.
18 KDV Novelle	С массой полезной нагрузки меньше или равной 760 кг	США FTP-75	C _x H _y CO NO _x	г/км	0,25	0,25
			ТЧ (дизели) Пары топлива Холостой ход: на содерж. CO	»	2,1 0,62 0,373	2,1 0,62 0,124
		SHED	Картерные газы	г/исп	2	2
		США FTP-75	Картерные газы	% по объему	0,3	0
		SHED	Пары топлива	г/км	0,5	0,5
		SHED	Холостой ход: на содерж. CO (бензиновые)	»	6,2	6,2
		SHED	Картерные газы	»	1,43	1,43
		SHED	Пары топлива	г/исп	0,373	0,373
		SHED	Холостой ход: на содерж. CO (бензиновые)	»	2	2
		SHED	Картерные газы	% по объему	3,5	3,5
		SHED	Пары топлива	—	0	0
		SHED	Холостой ход: на содерж. CO (бензиновые)	г/исп	0,5	0,5
		SHED	Картерные газы	% по объему	6,2	6,2
		SHED	Пары топлива	г/исп	1,43	1,43
		SHED	Холостой ход: на содерж. CO (бензиновые)	»	0,373	0,373
		SHED	Картерные газы	% по объему	2	2
		SHED	Пары топлива	г/исп	3,5	3,5
		SHED	Холостой ход: на содерж. CO (бензиновые)	—	0	0
		SHED	Картерные газы	% по объему	0	0

Грузовики или автобусы с дизелями (полная масса больше 3500 кг)

Правило	Метод испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы	
				ранее действовавшие	введенные с 01.1991 г.*
21/32 KDV Novelle	13-ступенчатый	C _x H _y CO NO _x	г/(кВт·ч)	2,4	1,23
			»	11,2	4,9
		NO _x	»	14,4	9
		ТЧ	»	0,7	0,7
		»	»	—	0,4

* Правила с 10.1991 г. для всех импортных автомобилей плюс автомобили, изготовляемые в Австрии; с 01.1992 г. — для всех новых регистраций.
Дополнительно производится измерение дымности ОГ дизелей.

Таблица 5.16

Стандарты Мексики

Легковые автомобили с бензиновыми двигателями с полной массой меньше 3 000 кг

Методика испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы		
			1990 г.	1991 г.	1993 г.
США FTP-75	C_xH_y	г/км	1,8	0,7	0,25
	CO	»	18	7	2,11
	NO_x	»	2	1,4	0,62
	Пары бензина	—	Без испытаний, установка топливного бака в соответствии с федеральными Правилами США		
	Холостой ход: содержание CO	% по объему	По данным изготовителя	—	—
	Картерные газы	—	0	0	0

Легкие грузовые автомобили с бензиновыми двигателями с полной массой меньше 3 000 кг

Методика испытаний	Выбросы	Единица измерения	Нормы		
			1990 г.	1991 г.	1993 г.
США FTP-75	C_xH_y ≤ 2727 кг	г/км	2	2	0,6
	C_xH_y > 2727 кг	»	3	2	0,6
	CO ≤ 2727 кг	»	22	—	8,75
	CO > 2727 кг	»	2,3	—	1,44
	NO_x ≤ 2727 кг	»	3,5	2,3	1,44
	NO_x > 2727 кг	»	3,5	2,3	1,44
	Пары бензина	—	Без испытаний, установка топливного бака в соответствии с федеральными Правилами США		
	Холостой ход: содержание CO	% по объему	По данным изготовителя	—	—
	Картерные газы	—	0	0	0

В большинстве стран нормы разработаны для транспортных средств (например, легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили различной грузоподъемности и др.) независимо от типа устанавливаемого на них двигателя (бензиновый двигатель или дизель).

Методы контроля отличаются главным образом программой испытаний, имитирующих характерные для каждой страны условия эксплуатации автотранспорта, а также методиками отбора проб.

Содержание токсичных веществ в ОГ ДВС легковых и грузовых автомобилей массой до 3500 кг измеряется обычно на стендах с беговыми барабанами по ездовому циклу, имитирующему режим работы двигателя при эксплуатации. По испытательному циклу США FTP-72 автомобиль выдерживается до начала испытаний 12 ч при температуре 294 К (21°С). Испытания проводятся в течение 23 мин по циклу, соответствующему 12-километровому пробегу автомобиля в городе. При этом разбавленные воздухом ОГ отбираются в течение всего цикла в специальную емкость и затем проводится их анализ (по методу CVS). Испытательный цикл США FTP-75 (рис. 5.3, а) включает испытания по циклу FTP-72, затем следует десятиминутная остановка и повторение 505 секунд первого цикла, что в целом соответствует пробегу автомобиля в городе на расстояние 17,8 км. Разбавленные ОГ при этом собираются в три емкости: в первую — постоянная их доля за первые 505 секунд после запуска двигателя, во вторую — в течение последующих 864 секунд, в третью — постоянную долю в течение 55 секунд работы двигателя после десятиминутной остановки.

Федеральный девятирежимный ездовой цикл США имеет продолжительность 15 мин. В нем измерение концентрации токсичных веществ в ОГ производится непрерывно.

В Японии действуют три испытательных ездовых цикла.

Первый — десятирежимный «горячий», состоящий из шести непрерывно повторяющихся циклов (каждый соответствует пробегу автомобиля 0,664 км за 135 с) с общей продолжитель-

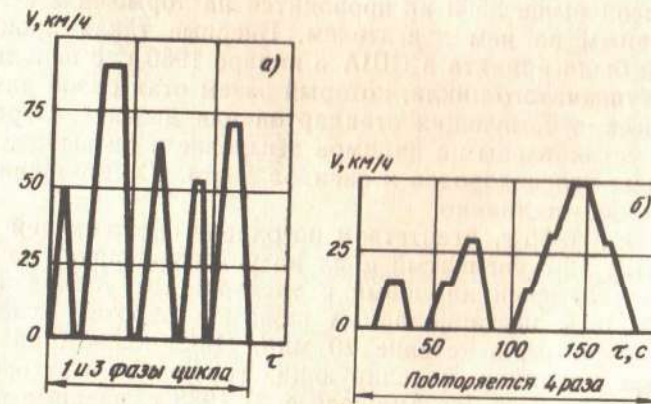


Рис. 5.3. Испытательные циклы: а — цикл FTP-75 (США); б — европейский цикл

ностью испытания 14 мин. Двигатель перед испытаниями прогревается, отбор проб ОГ идет с разбавлением воздухом в емкость.

Второй — одиннадцатирежимный «холодный» (без предварительного прогрева двигателя) состоит из четырех непрерывно повторяющихся циклов каждый продолжительностью 120 секунд с пробегом 1,02 км.

Третий цикл — шестирежимный, используется для измерения выброса токсичных компонентов дизелями легковых и грузовых автомобилей с полной массой до 3500 кг (табл. 5.17).

Таблица 5.17

Шестирежимный дизельный цикл, действующий в Японии

Режим	Частота вращения коленчатого вала, %	Нагрузка, %
1	Холостой ход	0
2	40	100
3	40	25
4	60	100
5	60	25
6	80	75

Европейский ездовой цикл (Правила № 15 ЕЭК ООН) состоит из четырех непрерывно повторяющихся циклов продолжительностью 200 секунд с пробегом 1,013 км в каждом (рис. 5.3, б). В соответствии с поправкой 04 к Правилам, действующей с октября 1982 г., применяется метод анализа разбавленного воздухом проб США (CVS).

Измерение выброса вредных веществ с ОГ грузовых автомобилей массой выше 3500 кг проводится на тормозном стенде с установленным на нем двигателем. Впервые такая процедура испытаний была принята в США в январе 1960 г. с использованием 13-ступенчатого цикла, который затем стал базой для разработки всех действующих стандартов для дизелей. Ограничения были установлены на видимое дымление и на выброс оксида углерода, углеводородов и оксидов азота. Ужесточение норм производилось постоянно.

Начиная с 1985 г. Агентством по охране окружающей среды (ЕРА) США 13-ступенчатый цикл на установившихся режимах работы был заменен на новый с электронным управлением с моделированием нестационарных режимов работы, близких к эксплуатационным, в течение 20 мин. Цикл испытаний включает четыре подцикла, моделирующих городскую и загородную езду в Нью-Йорке и Лос-Анджелесе. В 1988 г. впервые в мире было введено нормирование выброса твердых частиц. В настоящее время все развитые страны, в том числе европейские, при-

няли на период 1992...1994 гг. программы введения жестких норм выброса твердых частиц, в ряде случаев даже более жестких, чем в США.

Для дизелей, выпускаемых с 1 января 1989 г. по 1 января 1997 г. установлены следующие нормы: концентрация вредных веществ на выхлопе должна быть не более: по СО — 0,05%, по NO_x (в пересчете на NO₂) — 0,06%.

Нормирование токсичности и дымности ОГ дизелей. Основной международный европейский документ по дымности ОГ транспортных средств — это Правила ЕЭК ООН № 24, регламентирующие нормы и методы измерения дымности ОГ транспортных средств с дизелями.

Нормы, установленные Правилами № 24 (табл. 5.18) даны в единицах, соответствующих градуировке основной и вспомогательной шкал К и дымомера «Хартридж» (см. разд. 4.2).

Таблица 5.18

Нормы дымности по Правилам ЕЭК ООН № 24

Условный расход отработавших газов, дм ³ /с	Нормы дымности ОГ		Условный расход отработавших газов, дм ³ /с	Нормы дымности ОГ	
	К, м ⁻¹	N, %		К, м ⁻¹	N, %
40	2,26	62	125	1,345	44
45	2,19	61	130	1,32	43,3
50	2,08	59	135	1,3	42,8
55	1,985	57	140	1,27	42
60	1,9	56	145	1,25	41,5
65	1,84	55	150	1,225	40,9
70	1,77	53	155	1,205	40,4
75	1,72	52	160	1,19	40
80	1,665	51	165	1,17	39,5
85	1,62	50	170	1,155	39
90	1,575	49	175	1,149	38,7
95	1,535	48	180	1,125	38,3
100	1,495	47	185	1,11	37,9
105	1,465	46,7	190	1,045	37,5
110	1,425	45,8	195	1,08	37,1
115	1,395	45,1	200	1,065	36,7
120	1,37	44,5			

Методика испытаний по Правилам № 24 предусматривает измерение дымности ОГ на установившихся режимах (шесть равномерно расположенных в диапазоне $n_{ном} \geq n \geq 0,45 n_{ном}$ режимных точек по скоростной характеристике при положении органов управления регулятором частоты вращения, соответствующем полной подаче топлива), а также оценку дымности ОГ методом свободного ускорения. При свободном ускорении процесс повторяется не менее шести раз с регистрацией последних четырех показаний.

Условный расход ОГ вычисляется для каждой из шести частот вращения коленчатого вала (режимов испытаний) по формулам

$$G = \frac{Vn}{60} \quad (\text{для двухтактных дизелей}),$$

$$G = \frac{Vn}{120} \quad (\text{для четырехтактных дизелей}).$$

где V — рабочий объем цилиндров дизеля, дм^3 ; n — частота вращения на режиме, мин^{-1} .

По результатам измерений при свободном ускорении нормируется уровень дымности ОГ у дизелей с наддувом. Измеренная при свободном ускорении величина дымности не должна превышать более чем на $0,5 \text{ м}^{-1}$ предельные величины норм для данного дизеля на установившихся режимах.

Применительно к тракторным дизелям в 1982 г. вышел стандарт ИСО 789/4—1982(E) «Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. Часть 4. Измерение дымности». По этому стандарту измерение дымности ОГ тракторных дизелей осуществляется при работе на установившемся режиме в шести точках, равномерно расположенных в диапазоне от частоты вращения, соответствующей максимальной мощности, до частоты вращения, составляющей 55% от указанной. Нагрузка соответствует 80% полной нагрузки для данных частот вращения коленчатого вала.

Этим стандартом не регламентируются метод испытаний в режиме свободного ускорения и нормы дымности ОГ.

В 1982 г. вступили в действие Правила ЕЭК ООН № 49 (табл. 5.19), регламентирующие нормы и методы определения

Таблица 5.19

Нормы выбросов автотранспортных дизелей по Правилам ЕЭК ООН № 49 (на период до 1992 г.)

Нормируемый компонент	Оценочный показатель уровня выбросов, г/(кВт·ч)			
	до 10.93	с 10.93	с 10.96	с 1998 г.
Оксид углерода	12,3	4,5	4,0	2,0
Углеводороды	2,6	1,1	1,1	0,6
Оксиды азота	15,8	8,0	7,0	5,0
Твердые частицы	0,61	0,36	0,15	0,10

газообразных токсичных компонентов (оксидов азота, оксида углерода и углеводородов) в ОГ автотранспортных дизелей.

Оценочные показатели вычисляются по результатам испытаний двигателя на тормозном стенде в соответствии с табл. 5.20. Расчет оценочных показателей по каждому токсичному

компоненту производится по формуле

$$G_{ог} = \frac{\sum_{i=1}^{13} G_i K_{вi}}{13 \sum_{i=1}^{13} N_{ei} K_{вi}}$$

где G_i — массовый выброс токсичного компонента на режиме испытаний; $K_{вi}$ — весовой коэффициент режима; N_{ei} — эффективная мощность на режиме испытаний.

Таблица 5.20

Испытательный цикл по Правилам ЕЭК ООН № 49

№ режима	Режим работы двигателя	Нагрузка, %	Весовой коэффициент режима, $K_{в}$
1	Холостой ход $n = n_{\text{min}}$	—	0,25
2	Промежуточный режим $n = 60 \dots 75\% n_{\text{ном}}$	10	0,08
3	То же	25	0,08
4	»	50	0,08
5	»	75	0,08
6	»	100	0,25
7	Холостой ход	—	0,25
8	Номинальный режим	100	0,10
9		75	0,02
10		50	0,02
11		25	0,02
12		10	0,02
13		—	0,25

ГОСТ 17.2.2.01—84 распространяется на автомобильные дизели и устанавливает предельно допустимые нормы дымности ОГ и методы измерений при стендовых испытаниях дизелей. Стандарт не распространяется на дизели, находящиеся в эксплуатации.

Дымность ОГ измеряется на режимах внешней скоростной характеристики и на режиме свободного ускорения. На режимах внешней скоростной характеристики дымность измеряется в диапазоне частот вращения от максимальной до большей из двух: $0,45n_{\text{max}}$ или $n = 1000 \text{ мин}^{-1}$. Дымность измеряется не менее шести раз через равные интервалы частот вращения, включая режим максимального вращающего (крутящего) момента.

Дымность ОГ не должна превышать норм, указанных в табл. 5.21, причем условный расход ($G_{ог}$) ОГ на установившихся режимах вычисляется по формулам:

$$G_{ог} = \frac{Vn}{2} \quad (\text{для четырехтактных дизелей}),$$

$$G_{ог} = Vn \quad (\text{для двухтактных дизелей}),$$

где V — рабочий объем цилиндров дизеля, дм^3 ; n — частота вращения на режиме, с^{-1} .

Таблица 5.21

Нормы дымности ОГ по ГОСТ 17.2.2.01 — 84

Условный расход ОГ $G_{ог}$, $\text{лм}^3/\text{с}$	Предельно допустимая норма дымности N , %
До 42 включительно	60
50	56
75	50
100	45
125	41
150	39
175	37
200	35
Свыше 200	34

Дымность ОГ на режиме свободного ускорения не должна превышать норм, назначенных для установившихся режимов. Для двигателей с наддувом нормы на режимах разгона увеличиваются на 10%.

ГОСТ 21393—75 распространяется на грузовые автомобили и автобусы с дизелями, находящиеся в эксплуатации, и устанавливает нормы (табл. 5.22) и методы измерения дымности

Таблица 5.22

Дымность ОГ автомобилей по ГОСТ 21393 — 75

Режим измерения дымности ОГ	Норма N , % (не более)
Свободное ускорение для автомобилей с дизелями:	
без наддува	40
с наддувом	50
Максимальная частота вращения	15

ОГ на режимах свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя.

Таблица 5.23

Нормы дымности по ГОСТ 17.2.2.02 — 86

Объемный расход воздуха, поступающего в цилиндры дизеля на заданном режиме Q_B , $\text{дм}^3/\text{с}$	Нормы дымности ОГ	
	K , м^{-1}	N , %
До 120 включительно	1,2	40
130	1,15	39
140	1,11	38
150	1,07	37
160	1,04	36
170	1,01	35
180	0,99	35
190	0,96	34
200 и более	0,93	33

ГОСТ 17.2.2.02—86 устанавливает нормы (табл. 5.23) и методы измерения дымности ОГ при стендовых испытаниях. Стандарт не распространяется на дизели мотоблоков и тракторов класса 0,2. Дымность ОГ не должна превышать предельно допустимых норм, указанных в табл. 5.23.

Дымность ОГ измеряется на установившемся режиме работы дизеля на шести значениях частоты вращения коленчатого вала через равные интервалы от максимальной до $0,55n_{ном}$ и максимальных значениях вращающего (крутящего) момента для каждой частоты вращения.

Дымность ОГ дизелей тракторов с механической ступенчатой трансмиссией, не предназначенных для использования в местах с ограниченным воздухообменом, определяется при значениях вращающего (крутящего) момента, составляющих 80% максимального значения на каждой частоте вращения.

Дымность ОГ дизелей тракторов с трансмиссией любого вида, кроме механической ступенчатой, не предназначенных для использования в местах с ограниченным воздухообменом и комбайновых дизелей, измеряется на режиме $n_{ном}$ при 80% максимального вращающего (крутящего) момента для данной частоты вращения.

ОСТ 37.001.234—81 распространяется на дизели для автомобилей с полной массой свыше 3,5 т и устанавливает нормы (табл. 5.24), методы измерения и объем стендовых испытаний дизелей по определению выброса вредных веществ с ОГ. Стандарт не распространяется на дизели, находящиеся в эксплуатации.

Выбросы вредных веществ с ОГ не должны превышать норм, указанных в табл. 5.24.

Измерения производятся при работе двигателя на тормозном стенде на режимах, указанных в табл. 5.25. Удельный

Таблица 5.24

Нормы выбросов вредных веществ по ОСТ 37.001.234 — 81

Наименование параметра	Нормы в г/(кВт·ч) г/(л, с·ч)
Удельный выброс оксида углерода	9,5(7)
Удельный выброс углеводов	3,4(2,6)
Удельный выброс оксидов азота	16,35(13,5)

Таблица 5.25

Режимы работы дизеля на тормозном стенде

№ режима	Частота вращения коленчатого вала	Доля нагрузки от максимальной, %	Весовой K коэффициент режима, л в
1	$n_{xx \min}$	0	0,2
2	n_{\max}	2	0,08
3	»	25	0,08
4	»	50	0,08
5	»	75	0,08
6	»	100	0,08
7	$n_{xx \min}$	0	0,2
8	$n_{ном}$	100	0,08
9	»	75	0,08
10	»	50	0,08
11	»	25	0,08
12	»	2	0,08
13	$n_{xx \min}$	0	0,2

выброс вредных веществ рассчитывается аналогично Правилам ЕЭК ООН № 49.

ГОСТ 17.2.2.05—86 распространяется на тракторные и комбайновые дизели и устанавливает нормы и методы измерения выбросов вредных веществ с ОГ при стендовых испытаниях. Стандарт не распространяется на дизели мотоблоков и тракторов класса 0,2. Выбросы вредных веществ с ОГ не должны превышать норм, приведенных в табл. 5.26.

Измерение количества вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу с ОГ, проводятся при работе дизеля на испытательном стенде на режимах, указанных в табл. 5.27.

Нормирование токсичности ОГ бензиновых ДВС. Нормы по выбросу вредных веществ в некоторых странах достаточно подробно даны выше (см. табл. 5.3...5.16). Существенные успехи в реализации этих постоянно ужесточающихся нормативов достигаются совершенствованием автомобилей, двигате-

Таблица 5.26

Нормы выбросов вредных веществ по ГОСТ 17.2.2.05 — 86

Наименование параметра	Нормы, г/(кВт·ч) для дизелей категорий		
	I	II	III
Удельный выброс оксидов азота	22	25	17
Удельный выброс оксида углерода	10	12	4 (с нейтрализатором)
Удельный выброс углеводов	3,5	4	2

Примечание. Категория дизелей: I — дизели для сельскохозяйственных и промышленных тракторов; II — комбайновые дизели; III — дизели тракторов, предназначенных для использования в местах с ограниченным воздухообменом.

Таблица 5.27

Режимы работы двигателя

№ режима	Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Вращающий (крутящий) момент, % $M_{вв}$	Весовой коэффициент режима, K_B
1	$n_{xx \min}$	0	0,067
2	n_{\max}	10	0,08
3	»	27,5	0,08
4	»	55	0,08
5	»	82,5	0,08
6	»	100	0,08
7	$n_{xx \min}$	0	0,067
8	$n_{ном}$	100	0,08
9	»	75	0,08
10	»	50	0,08
11	»	25	0,08
12	»	10	0,08
13	»	0	0,067

Примечания: 1. $M_{вв}$ — значение вращающего (крутящего) момента, соответствующее режиму эксплуатационной мощности. 2. Для дизелей, имеющих корректорный запас вращающего (крутящего) момента менее 10%, момент при частоте вращения $n_{xx \min}$ следует принимать 10, 25, 50, 75 и 100% максимального его значения.

Удельные выбросы рассчитываются в соответствии с Правилами ЕЭК ООН № 49.

лей, топливной аппаратуры, систем очистки ОГ, систем улавливания паров бензина, вентиляции картера, повышением качества топлив, масел, широким применением электроники и т. д. Нормы, принятые в бывшем СССР, действующие в настоящее время в Российской Федерации, приведены в табл. 5.28.

Нормы в области токсичности ОГ автомобилей

Марка автомобиля (литраж)	Единица измерения выброса	Нормы в Российской Федерации						
		Действующие		Усовершенствованного процесса и антропогенные устройства		Системы нейтрализации		
		CO	C _x H _y +NO _x	CO	C _x H _y +NO _x	CO	C _x H _y +NO _x	
ЗАЗ-1102 «Ока»	г/км (г/исп)	—	—	ОСТ 37.001.0.54—86				Перспектива 2,73
ВАЗ (1,4 л)	То же	12,8 (52)	4,7 (19)	11,1 (45)	3,7 (15)	7,4 (30)	1,97 (8)	—
ВАЗ; АЗЛК (1,41...2 л)	»	14,8 (60)	5,06 (20,5)	11,1 (45)	4,2 (17)	7,4 (30)	1,97 (8)	Перспектива 0,97
ГАЗ-24; ГАЗ-3102 (2 л)	»	18,75 (76)	5,8 (23,5)	11,1 (45)	4,2 (17)	6,2 (25)	1,6 (6,5)	Перспектива 0,97
РАФ; УАЗ	»	23,4 (95)	7,25 (29,4)	13,9 (56,2)	5,2 (21,2)	7,7 (31,4)	2 (8,1)	—
ЗИЛ-130	г/(кВт·ч)	70	22	ОСТ 37.001.070—75		34	13,6	27,2
ГАЗ-53	»	—	—	—	—	—	—	1,4

Продолжение табл. 5.28

Марка автомобиля (литраж)	Единица измерения выброса	Европейские нормы						Нормы в США							
		Для этилированного бензина		Для неэтилированного бензина		Для дизелей		Действующие		Перспективные					
		CO	C _x H _y +NO _x	CO	C _x H _y +NO _x	CO	C _x H _y +NO _x	CO	C _x H _y	CO	C _x H _y	NO _x	NO _x		
ЗАЗ-1102 «Ока»	г/км (г/исп)	14,4 (58)	4,7 (19)	11,1 (45)	3,7 (15)	45	15	—	—	—	—	—	—	—	—
ВАЗ (1,4 л)	То же	16,5 (67)	5,06 (20,5)	Директива ЕЭС 89/458 с 1.10.92 2,72 0,97 7,4 1,97 (30) (8)		—		—	—	—	—	—	—	—	—
ВАЗ; АЗЛК (1,41... ...2 л)	»	20,7 (84)	5,8 (23,5)	Директива ЕЭС 89/458 с 1.10.92 2,72 0,97		—		—	—	—	—	—	—	—	—
ГАЗ-24; ГАЗ-3102 (2 л)	»	35,8 (104,8)	7,25 (29,4)	Директива ЕЭС 89/458 с 1.10.92 2,72 0,97		—		—	—	—	—	—	—	—	—
РАФ; УАЗ ЗИЛ-130 ГАЗ-53	г/(кВт·ч)	3,7	—	—		—		27,2	1,4	7,8	—	—	—	27,2	1,4

Правила 83 ЕЭК ООН

Для АТС с массой 2,5 т и числом пассажиров 6 по Правилам 15-04

В наших стандартах делается попытка ориентации на нормы ЕЭК ООН, однако имеется отставание по сравнению с зарубежными аналогами в техническом уровне практически по всем перечисленным выше направлениям. Кроме того, производство до сих пор этилированного бензина не позволяет широко применять системы каталитической очистки ОГ на легковом и грузовом транспорте, автобусах и автопогрузчиках с бензиновыми ДВС.

Оценка токсичности ОГ автомобиля с массой до 3,5 т производится методами, установленными ОСТ 37.001.054—86 для сертификации новых моделей и оценки качества серийной продукции на стендах с беговыми барабанами.

Для определения токсичности ОГ автотранспорта с полной массой более 3,5 т и бензиновыми двигателями принята методика, идентичная методике США (ОСТ 37.001.070—75). Испытания по этой методике ведутся на девяти специально подобранных установившихся режимах работы двигателя (при разгоне автомобиля, торможении двигателем или работе с постоянной нагрузкой с имитацией движения по улицам крупных городов). При этом для проведения испытаний двигатель устанавливается на тормозном стенде. Полное испытание состоит из двух циклов с прогревом и двух «горячих» циклов, каждый из которых включает девять циклов и повторяется один за другим.

Концентрации CO, C_xH_y и NO_x измеряются непрерывно. Расчет выброса производится в г/(кВт·ч) по измеренным концентрациям с учетом расхода топлива и весового фактора каждого режима.

Расшифровка испытательного цикла на токсичность ОГ бензиновых двигателей автобусов и грузовых автомобилей дана в табл. 5.29.

Испытательный цикл на токсичность

Режим работы двигателя	Разрежение во впускном трубопроводе, мм рт. ст.	Продолжительность режима, с	Суммарное время, с	Весовой коэффициент режима K _в
Холостой ход	—	70	70	0,232
Постоянная скорость автомобиля	405	23	93	0,077
Разгон	255	44	137	0,147
Постоянная скорость	405	23	160	0,077
Замедление	480	17	177	0,057
Постоянная скорость	405	23	200	0,077
Полная нагрузка	75	34	234	0,113
Постоянная скорость	405	23	257	0,077
Принудительный холостой ход	—	43	300	0,143

По ОСТ 37.001.070—75 испытания могут проводиться не только новых двигателей, но и их узлов, агрегатов и систем, например, систем топливоподачи (карбюраторов и т. п.). В состав режимов этого стандарта входят также определение содержания CO в ОГ при работе двигателя на холостом ходу при минимальной частоте вращения коленчатого вала и на частоте, равной 0,6 n_{max}, что соответствует методике испытаний по ГОСТ 17.2.2.03—77.

Исходя из мировых тенденций следует ожидать введения нормирования в ближайшие годы выброса с отработавшими газами бензиновых ДВС бенз(а)пирена, альдегидов и полного запрета на применение этилированного бензина.

Нормирование токсичности и дымности ОГ в эксплуатации. Токсичность и дымность ОГ автотранспортных средств может заметно отличаться от тех показателей, которые были получены при испытаниях двигателя на заводе-изготовителе. Это связано с сильным влиянием на токсические характеристики эксплуатационных условий, качества технического обслуживания и ремонта, наработки машины и двигателя, неисправностей его основных узлов и агрегатов, климатических и погодных условий. Например, при эксплуатации грузовых автомобилей отказы их узлов, агрегатов и систем бензиновых двигателей распределяются следующим образом: система питания — 38%; газораспределительный механизм и шатунно-поршневая группа — 26%; система зажигания — 21%; трансмиссия и шасси — 15%, причем наибольшее число отказов связано с плохим обслуживанием. По этим и другим причинам выброс продуктов неполного сгорания может увеличиваться более чем в два раза.

Проверка токсичности ОГ автомобилей с бензиновыми ДВС в эксплуатации проводится по ГОСТ 17.2.2.03—77, в соответствии с которым ограничивается содержание CO в ОГ, определяемое в выпускной трубе автомобиля на глубине 300 мм от среза на минимальной частоте вращения коленчатого вала и частоте, равной 0,6 ее номинальной величины. Концентрация CO в ОГ не должна превышать значений, указанных в табл. 5.30.

Таблица 5.30

Нормы содержания CO в ОГ ДВС

Режим проверки	Объемное содержание CO в ОГ для автомобилей, изготовленных		
	до 01.07.78	до 01.01.80	после 01.01.80
n _{ном}	3,5	2	1,5
0,6 n _{ном}	2	1,5	1

Содержание СО в ОГ определяется по формуле

$$W_{\text{СО факт}} = W_{\text{СО изм}} K,$$

где $W_{\text{СО факт}}$ — фактическое содержание СО в ОГ; $W_{\text{СО изм}}$ — измеренное содержание СО в ОГ; K — коэффициент, учитывающий давление и температуру окружающего воздуха в день измерения (значения даны в ГОСТ 17.2.2.03—77).

Проверка содержания СО в отработавших газах в условиях эксплуатации на автотранспортных предприятиях должна производиться при проведении ТО2 по специальному графику АТП, после ремонта автомобиля, двигателя и регулирования системы питания двигателя. Проверка производится также сотрудниками отдела охраны окружающей среды ГАИ МВД, на станциях техобслуживания, на авторемонтных предприятиях, на предприятиях-изготовителях после проведения обкатки двигателей. Для проведения анализа СО в ОГ по ГОСТ 17.2.2.03—77 используются газоанализаторы со шкалой деления от 0 до 5% или от 0 до 10...12% с погрешностью измерения, не превышающей $\pm 1,5\%$ верхнего предела шкалы, стационарные — не более $\pm 2,5\%$. Постоянная времени газоанализатора не должна превышать 20 с. Необходимым измерительным прибором должен быть и тахометр с погрешностью измерения частоты вращения коленчатого вала $\pm 2,5\%$ (не более). В качестве газоанализаторов как правило используются модели ГАИ-1 и ГАИ-2.

Однако измерение содержания только СО недостаточно для правильного регулирования и проведения диагностики состояния двигателя. Дело в том, что из-за различия в механизмах образования C_xH_y и СО, например, при неисправности системы зажигания, при наличии неработающих цилиндров, при неисправностях газораспределительного механизма и т. д., одновременно со снижением содержания оксида углерода в ОГ может наблюдаться заметное увеличение выброса углеводородов. С учетом этого зарубежные станции технического обслуживания оснащены мотор-тестами с газоанализаторами на СО и C_xH_y .

В нашей стране в практике работы АТП газоанализаторы на СО хорошо известны и широко используются. А переносных, удобных и надежных газоанализаторов на углеводороды практически нет, что заметно снижает возможности АТП в проведении диагностики ДВС по параметрам токсичности ОГ.

Для транспортных средств, оснащенных дизелями (грузовые автомобили и автобусы, работающие на стандартных топливах и маслах) введены только нормы по дымности ОГ (ГОСТ 21393—75). Она измеряется на холостом ходу, на режимах свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала дизеля. Дымность ОГ дизелей автомобилей КраЗ, МАЗ, КамАЗ не должна превышать 40% на режиме свободного ускорения и 15% на режиме максимальной частоты вращения.

Испытания по ГОСТ 21393—75 на АТП производятся при проведении ТО2, после ремонта автомобиля и двигателя, регулирования топливной аппаратуры и других систем и агрегатов. После капитального ремонта двигателя проходят испытания на авторемонтных заводах по ГОСТ 19025—73.

На режиме свободного ускорения измерение дымности ОГ производится при десятикратном повторении набора частоты вращения от минимальной до максимальной быстрыми, но плавными нажатиями педали водителя до упора с интервалами не более 15 с. Измерение производится на режиме максимальной частоты вращения при полном нажатии на педаль после стабилизации показаний дымомера.

Такая процедура испытаний широко применяется в различных странах. Измерение по ГОСТ 21393—75 производится с помощью дымомера, работающего по методу просвечивания (типа «Хартридж»). У нас в качестве таких дымомеров могут использоваться ИНА-109, СИДА-107, КИД-2 и др. Проверка транспортных средств в эксплуатации на соответствие их требованиям ГОСТ 21393—75, проводившаяся специалистами НАМИ, НИКТИД, НИИАТ, НПО «Экосистема» показала, что соответствует требованиям стандарта не более 20% транспортных средств, в то время, как за рубежом такие ситуации не допускаются.

В приложении 5 дан перечень государственных стандартов, действующих на предприятиях автотранспорта.

6. ВЛИЯНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ФАКТОРОВ НА ТОКСИЧНОСТЬ И ДЫМНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Производство дизелей приобрело большие масштабы, и составляет в настоящее время свыше 8 млн шт. в год. Основное их производство сосредоточено в Западной Европе и Японии. При сформированном и стабилизировавшемся производстве тракторных и стационарных модификаций дизелей увеличение их производства связано с легковыми автомобилями, автобусами и грузовым транспортом. Основные задачи, стоящие перед производителем дизелей, это снижение токсичности и дымности ОГ и снижение расхода топлива.

Основными токсичными компонентами ОГ дизелей являются: оксиды азота, твердые частицы, оксид углерода, углеводороды, альдегиды, оксиды серы, бенз(а)пирен и др.

Как показывает отечественный и зарубежный опыт, наиболее эффективны и экономичны оптимальные сочетания мероприятий по разработке и внедрению средств и методов снижения токсичности и дымности ОГ с вопросами повышения технического уровня двигателей. Образование токсичных компонентов находится в непосредственной зависимости от протекания ра-

бочего цикла дизеля. Поэтому мероприятия, направленные на улучшение топливной экономичности, соответствующим образом будут изменять содержание в ОГ различных групп токсичных компонентов. Задача инженеров и научных сотрудников заключается в обосновании и практической реализации правильного сочетания принимаемых конструктивных и организационных мероприятий.

Уровень токсичности и дымности ОГ основных групп дизелей приведен в табл. 6.1.

Таблица 6.1

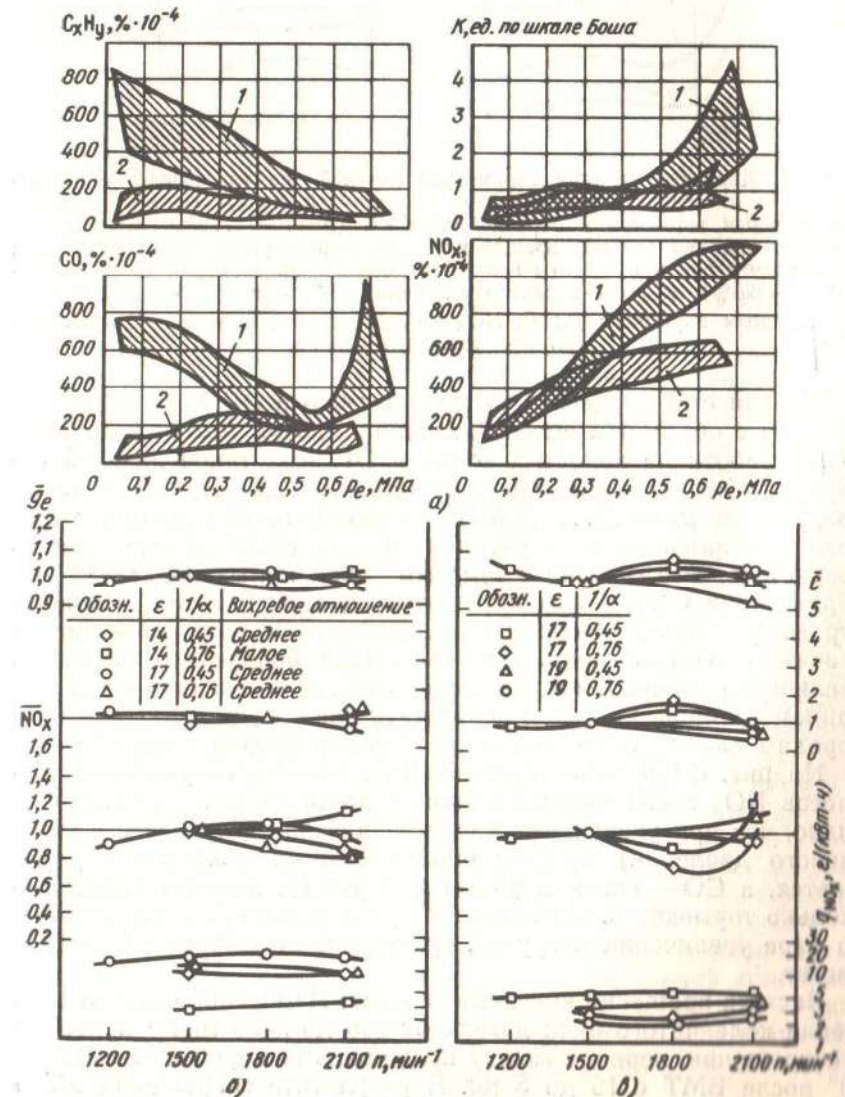
Токсичность и дымность ОГ дизелей						
Токсичный компонент	Концентрация	Удельный выброс, г/(кВт·ч)				Требования*
		Автомобильные	Тракторные	Малотоксичные	Судовые, тепловозные	
NO _x	2...8	14...22	14...26	9...13	10...30	8
ТЧ	0,05...0,8	0,4...0,8	0,5...1,2	0,2...0,4	0,25...2	0,36
СО	0,2...3	1,5...10	2...12	1,5...5	1,5...12	4,5
C _x H _y	0,15...2	1,2...7	1,5...7	1...3	1,5...8	1,1
SO ₂	0,1...0,7	0,3...2	0,4...2,5	0,3...1,5	0,4...2,5	—
Акролеин	0,01...0,04	0,05...1,8	0,05...0,2	0,04...0,1	0,06...0,2	—
БП	(0,1...0,5) · 10 ⁻⁶	(1...2) · 10 ⁻⁶	(0,8...2) · 10 ⁻⁶	(0,5...1) · 10 ⁻⁶	(1...2) · 10 ⁻⁶	—

* Правила № 49 ЕЭК ООН 1992/93 гг.

Основными техническими факторами, определяющими пути улучшения социально-экологических характеристик дизелей являются тип камеры сгорания, регулировка двигателя (угол опережения впрыска топлива, в первую очередь), степень сжатия, наддув и охлаждение наддувочного воздуха, турбокомпаундирование, совершенство системы топливоподачи, наличие электронного управления, использование альтернативных топлив, совершенство технологии производства и др. Ниже рассматриваются основные из них.

Нагрузка дизеля. По мере роста нагрузки дизеля увеличивается максимальная температура цикла и уменьшается коэффициент избытка воздуха. В результате при увеличении нагрузки эти два фактора, противоположно влияющие на образование NO_x, приводят к характерной закономерности образования оксидов азота. На рис. 6.1 представлены диапазоны изменения и концентрации NO_x, C_xH_y, СО и дымности ОГ современных зарубежных дизелей с различными способами смесеобразования в зависимости от нагрузки. По мере ее увеличения количество продуктов неполного сгорания в ОГ увеличивается. При увеличении $p_e > 0,5$ МПа увеличивается и дымность ОГ дизелей.

Концентрация NO_x по мере роста нагрузки сначала возрастает (до $p_e = 0,5 \dots 0,6$ МПа), затем, достигнув максимума, начинает уменьшаться. При увеличении нагрузки до 70...85% (p_e до 0,5...0,6 МПа) увеличение содержания NO_x связано с ростом максимальных температур. При дальнейшем увеличении нагрузки на темпы образования NO_x в основном влияет концентрация кислорода в заряде.



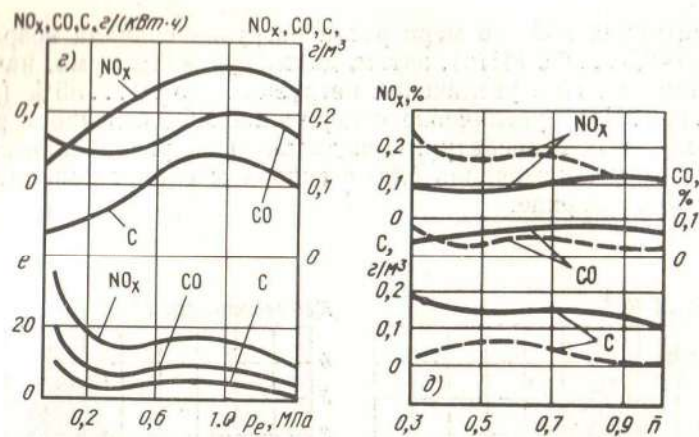


Рис. 6.1. Характер влияния параметров дизелей на токсичность и дымность ОГ: а — сравнительная токсичность дизелей фирмы «Deutz» с непосредственным впрыском и с разделенной КС ($n=1000 \dots 2500 \text{ мин}^{-1}$); б — характер влияния частоты вращения дизеля с непосредственным впрыском; в — характер влияния частоты вращения дизеля с предкамерой (объем предкамеры — 25%); г и д — характер изменения выбросов в дизелях с непосредственным впрыском; \bar{g}_e ; \bar{C} ; \bar{NO}_x — относительные изменения параметра; \bar{g}_{NO} — удельный выброс

Дизели с М-процессом по содержанию в ОГ NO_x близки к дизелям с объемным смесеобразованием. При малых нагрузках и при работе на холостых ходах в ОГ всех типов дизелей содержится достаточно большое количество C_xH_y . При увеличении нагрузки до $p_e=0,3 \dots 0,5 \text{ МПа}$ их концентрация достигает минимума и затем по мере увеличения нагрузки начинает вновь возрастать. Это связано с тем, что при малых нагрузках на образовании C_xH_y сказывается относительно низкой температурный уровень рабочего цикла дизеля, поскольку наблюдается значительное недогорание топлива. При больших нагрузках увеличение содержания углеводородов также связано с недогоранием топлива, но уже в результате снижения количества кислорода в смеси. Аналогичная картина характерна и для СО.

На рис. 6.1, б даны обобщенные зависимости удельных выбросов NO_x и СО дизелей большой размерности, из которых видно, что при увеличении нагрузки дизеля (среднего эффективного давления) процесс образования оксидов азота ухудшается, а СО — сначала растет (до $p_e \approx 1$), а затем также несколько тормозится. Но благодаря увеличению расхода топлива по мере увеличения нагрузки, суммарное выделение СО и NO_x растет.

Частота вращения коленчатого вала. Изменение частоты вращения коленчатого вала дизеля от 800 до 2400 мин^{-1} приводит к сокращению периода между положениями поршня от ВМТ до 60° после ВМТ с 15 до 5 мс. В результате сокращения этого

периода теплоотдача в стенки на каждый цикл уменьшается, что приводит к увеличению температуры цикла.

При увеличении n скорость сгорания также увеличивается, но не настолько, чтобы компенсировать увеличение частоты вращения, т. е. относительная продолжительность процесса сгорания увеличивается. Высокие скорости поршня при большой частоте вращения коленчатого вала вызывают увеличение турбулентности воздушного заряда, но ухудшают наполнение цилиндров. При этом также увеличивается давление впрыскивания топлива, в результате чего топливо распыляется лучше. Таким образом, влияние частоты вращения на процесс сгорания противоречивое и характеризуется многочисленными факторами, влияющими на образование NO_x . Точную оценку этого параметра осуществить сложно, так как он зависит от особенностей протекания рабочего процесса каждого дизеля.

Увеличение частоты вращения коленчатого вала большинства дизелей с непосредственным впрыском топлива приводит к снижению выбросов NO_x и увеличению g_e (рис. 6.1, в).

Закономерность выброса NO_x в дизелях с разделенной КС — обратная (рис. 6.1, г). В целом увеличение частоты вращения коленчатого вала незначительно влияет на выбросы дизелями NO_x .

При увеличении частоты вращения наблюдается также рост содержания БП в ОГ дизелей, образование которого в значительной мере определяется условиями догорания промежуточных продуктов реакции углеводородных топлив.

Содержание СО, C_xH_y и С (сажи) в отработавших газах дизелей в зависимости от частоты вращения коленчатого вала неоднозначно из-за многообразия вариантов изменения физико-химических процессов смесеобразований и сгорания в КС в результате разнонаправленного изменения полей температур, давлений, содержания кислорода в КС, масштаба турбулентности топливно-воздушной смеси и др. Содержание этих компонентов в ОГ в итоге определяется конкретными условиями изменения параметров двигателя применительно к заданному варианту организации рабочего процесса с индивидуальным набором его конструктивных особенностей.

Степень сжатия. Увеличение степени сжатия приводит к увеличению температуры впускного заряда после сжатия, что ускоряет подготовку смеси и интенсифицирует процессы смесеобразования и сгорания. Степень сжатия влияет на скорость смесеобразования, так как воздействует на процесс вихреобразования при впрыскивании топлива и положении поршня в ВМТ. В результате при увеличении ϵ топливо интенсивно смешивается и сгорает при увеличенной максимальной температуре. Увеличение температуры цикла рабочего процесса дизеля при прочих равных условиях увеличивает образование NO_x и снижает выброс сажи и продуктов неполного сгорания. Это

подтверждено экспериментально на примере дизелей с непосредственным впрыском (рис. 6.2, а). Однако у предкамерных сгоранием и увеличением теплоотдачи между стадиями увеличение ϵ оказывает обратное воздействие на образование токсичных компонентов — снижается образование NO_x и увеличивается выброс сажи (рис. 6.2, б).

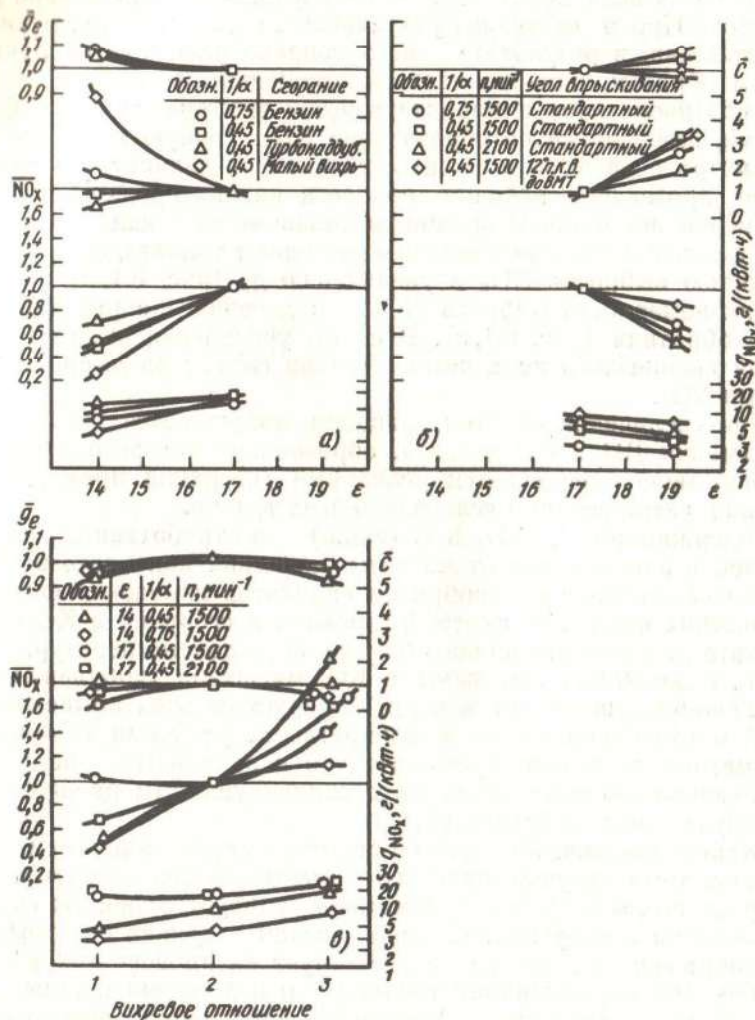


Рис. 6.2. Характер влияния параметров дизелей на токсичность и дымность ОГ: а — характер влияния степени сжатия у дизеля с непосредственным впрыском ($n=1500 \text{ мин}^{-1}$); б — характер влияния степени сжатия у дизеля с предкамерой (объем предкамеры составляет 25%); в — характер влияния вихревого отношения у дизеля с непосредственным впрыском

Вихреобразование. Увеличение вихреобразования улучшает процессы испарения, смесеобразования и сгорания в дизеле. Образование NO_x увеличивается (рис. 6.2, в), этому способствует (вследствие улучшения подготовки топливно-воздушной смеси) раннее тепловыделение (при положении поршня в ВМТ) до охлаждения смеси при расширении. В этом случае при сгорании капля топлива наблюдается более быстрое выделение теплоты по сравнению с ее отводом. Одновременно увеличивается и диффузия кислорода к парам топлива, что увеличивает догорание сажи и продуктов неполного сгорания во время расширения. Рост степени вихреобразования интенсифицирует процесс подготовки смеси, улучшает экономические показатели двигателя (g_e), снижает выброс CO , сажи и приводит к увеличению образования NO_x . Следует заметить, что чрезмерное перезавихривание вновь приводит к ухудшению процесса сгорания и соответствующему увеличению содержания в ОГ продуктов неполного сгорания.

Аналогичные результаты получены на дизелях с разделенной КС цилиндрической и тороидальной формы. Оптимальный подбор вихря в дизелях различных конструкций — один из действенных резервов снижения токсичности ОГ и улучшения мощностных и экономических показателей.

Термодинамические параметры впускной смеси. Определенное влияние на токсичность дизелей оказывают термодинамические параметры впускного заряда: температура впускного воздуха, охлаждающей воды, впрыскиваемого в цилиндры топлива, а также давление воздуха на впуске.

При увеличении температуры воздуха на впуске на 60°C температура в конце такта сжатия повышается на 175°C . При этом ухудшается наполнение цилиндров и увеличиваются тепловые потери во время сжатия, т. е. в реальном процессе вследствие этого температура в конце такта сжатия увеличивается не на 175°C , а меньше. Однако ее рост приводит к значительному увеличению максимальной температуры цикла. В таких условиях скорость образования NO_x увеличивается в два раза, однако выброс NO_x увеличивается только на 10...15% (рис. 6.3 а, б).

Температура впускного воздуха практически не оказывает влияния на выброс сажи. С одной стороны, при увеличении ее лучше происходит испарение топлива, что уменьшает образование сажи, а с другой стороны, снижение плотности впускного воздушного заряда и увеличение температуры в конце такта сжатия и максимальной температуры цикла приводят к увеличению пиролиза топлива. Эти эффекты в первом приближении взаимно компенсируются.

Снижение температуры охлаждающей воды приводит к увеличению весового заряда, поступающего в цилиндры, увеличивает, снижает температуру впускной смеси в конце такта сжа-

тия и максимальную температуру цикла. Несмотря на увеличение α , снижение общей температуры цикла в итоге приводит к уменьшению концентрации NO_x в ОГ дизеля и неоднозначному воздействию на выброс продуктов неполного сгорания.

Давление воздуха на впуске. На рис. 6.3, в и г показано влияние турбонаддува с промежуточным охлаждением на вы-

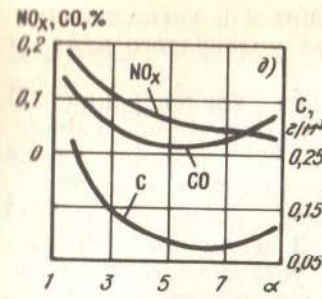
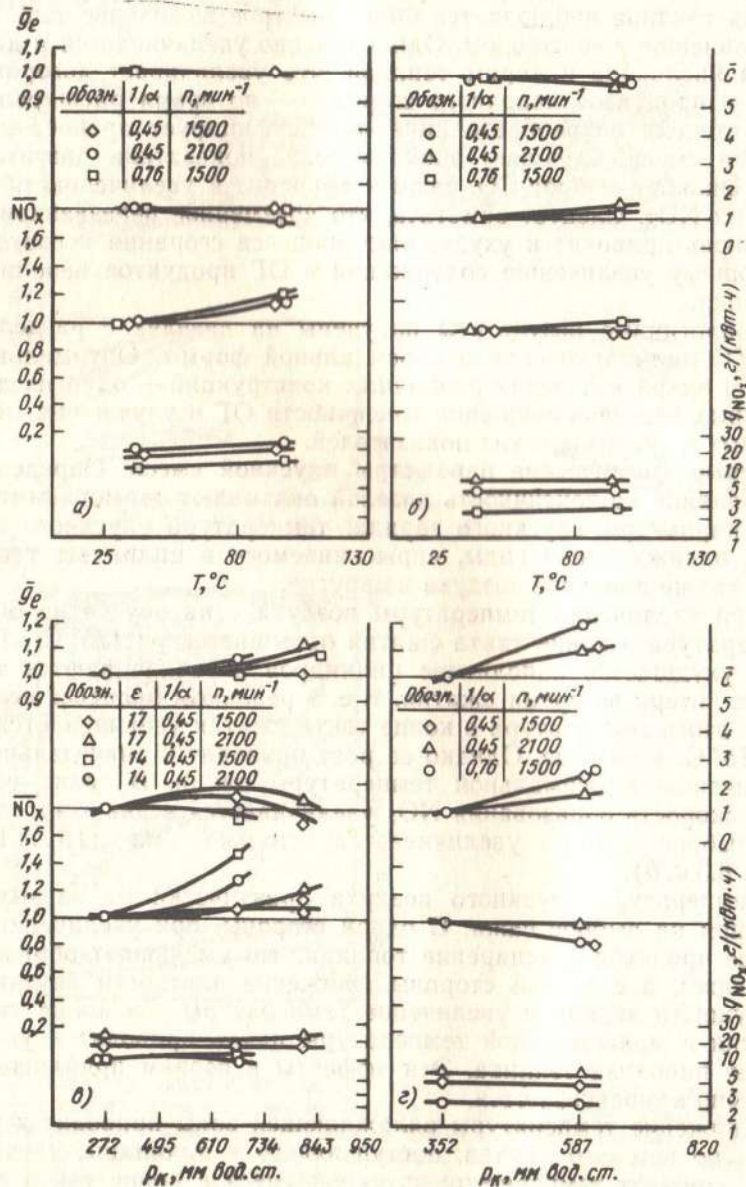


Рис. 6.3. Характер влияния параметров воздушного заряда на впуске дизеля на токсичность и дымность ОГ ($\epsilon=17$): а — влияние температуры воздуха во впускном трубопроводе дизеля с непосредственным впрыском; б — влияние температуры воздуха во впускном трубопроводе дизеля с предкамерой (объем предкамеры составляет 25%); в — влияние избыточного давления наддува дизеля с непосредственным впрыском; г — влияние избыточного давления наддува дизеля с предкамерой (объем предкамеры составляет 25%); д — обобщенные зависимости выбросов от коэффициента избытка воздуха

брос NO_x , относительное изменение содержания NO_x и сажи. Турбонаддув с промежуточным охлаждением существенно увеличивает плотность воздушного заряда, что приводит к увеличению полноты сгорания топлива, снижает задержку впрыскивания и изменяет дальнобойность топливной струи. Промежуточное охлаждение не приводит к заметному изменению температуры воздуха на впуске, а следовательно, и температуры пламени. Однако при применении наддува снижается удельный расход топлива, а следовательно, и удельный выброс NO_x , что приводит к снижению токсичности ОГ дизелей.

Одновременно со снижением удельного выброса NO_x для дизелей с наддувом характерен вследствие увеличения α очень низкий выброс углеводородов, CO и самый низкий уровень дымления.

Токсичность и дымность ОГ при работе дизелей на неуставившихся режимах. Выше токсические характеристики дизелей рассмотрены в условиях работы на установившихся режимах. Однако в процессе эксплуатации транспортных средств дизели работают практически только на неуставившихся режимах.

Концентрация NO_x в отработавших газах при разгоне дизеля всегда ниже, чем в случае его работы на установившихся режимах. При разгоне от средних нагрузок концентрации NO_x близки к их значениям на установившихся режимах. При разгоне дизеля после кратковременной работы на холостом ходу в случае предыдущей его работы на максимальных нагрузках эти же концентрации практически не отличаются от их значений при установившихся режимах работы дизеля. Противоположным по сравнению с NO_x является изменение концентраций C_xH_y в случае работы дизеля на неуставившихся режимах. При разгоне они практически всегда больше, чем при установившихся режимах. При разгоне от режима холостого хода эта разница максимальная.

Концентрации C_xH_y при неустановившихся и установившихся режимах зависят от частоты вращения коленчатого вала и резко уменьшаются при ее увеличении.

В случае разгона до полной нагрузки концентрации CO ниже, чем при установившихся режимах. При малых изменениях нагрузок эта разница небольшая. Эта разница также сильно зависит от частоты вращения коленчатого вала двигателя. При разгоне до частичных нагрузок концентрации CO выше, чем на установившихся режимах. В целом различие концентраций CO при неустановившихся и установившихся режимах меньше, чем это наблюдается для концентраций NO_x и C_xH_y .

При работе дизеля на установившихся и неустановившихся режимах концентрации NO_x , C_xH_y и CO различны, что объясняется в основном изменением температуры стенок КС, которая, например, в случае разгона дизеля ниже, чем при его работе на установившемся режиме.

Камера сгорания. Один из определяющих факторов совершенствования рабочего процесса — это организация условий впрыскивания топлива и подвода воздуха в цилиндры дизеля, в значительной мере обусловленных типом формы камеры сгорания.

Анализ конструкций КС дизелей за последнее время показывает, что единой тенденции в их конструировании нет, хотя наибольшее развитие получили модификации дизелей с камерами в поршне. Вместе с тем все большее внимание привлекают разработки особых, нестандартных форм КС, приводящих к улучшению процессов смесеобразования и сгорания в основной период процесса сгорания. С помощью КС в поршне в общем виде реализуется объемно-пленочный тип смесеобразования. В них различными средствами решаются вопросы обеспечения мягкого и экономичного процесса сгорания. Камеры в поршне встречаются открытого и полуоткрытого типов, хотя на практике большинство вариантов относятся к промежуточным. В открытых камерах их поперечное сечение наибольшей площадью соприкасается с надпоршневым пространством и по размеру близко к площади поперечного сечения поршня. Образование смеси в них происходит в воздушном пространстве такой камеры. Тем не менее часть топлива попадает в виде пленки или капельной структуры на стенки КС.

В получивших наибольшее распространение камерах полуоткрытого типа применяются многодырчатые распылители, при впрыскивании топлива из которых факелы распыленного топлива взаимодействуют с перемещающимся в КС воздушным зарядом. В этих камерах основной формой движения воздушного заряда является тангенциальный вихрь, интенсивность которого на расстояниях нескольких миллиметров от стенки КС составляет 20...40 м/с и выше. Наряду с тангенциальным вихрем

вследствие вытеснения воздуха при движении поршня возникают и радиальные вихри, как правило, менее интенсивные.

Наиболее эффективно в этих КС рабочий процесс реализуется при охвате факелом топлива всего свободного пространства КС к моменту начала воспламенения, при котором взаимодействие топлива с потоком воздуха происходит на максимальной площади поверхности. При этом унос продуктов сгорания из зоны реакции и исключение возврата продуктов сгорания в зону соседнего факела достигаются посредством оптимизации числа сопловых отверстий и скорости тангенциального вихря.

По данным НАТИ, форма днища КС не оказывает заметного влияния на протекание процессов смесеобразования и сгорания при неизменности других факторов, формирующих рабочий процесс дизеля. Тем не менее в отечественных конструкциях чаще используются торондальные камеры с коническим выступом в центре.

На рис. 6.4 представлены наиболее распространенные конструкции головок цилиндров дизелей с открытой КС, которые обеспечивают высокие эффективные показатели, низкий расход топлива и просты конструктивно. Рабочий процесс в этих дизелях отличается высоким уровнем температур и давлений, что способствует образованию NO_x , но одновременно и снижению содержания в отработавших газах CO и C_xH_y . У дизелей с от-

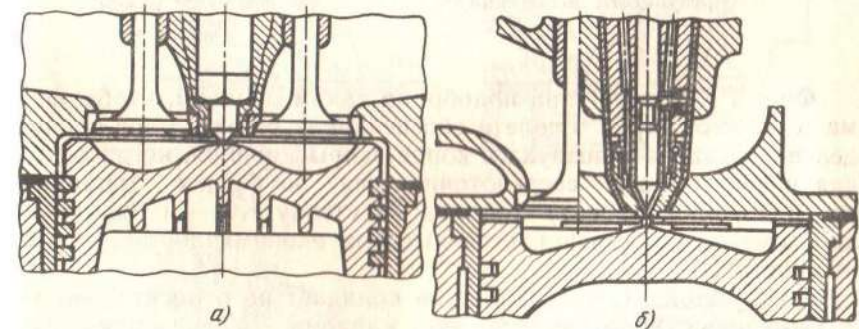


Рис. 6.4. Камеры сгорания открытого типа: а — типа Гессельман (ЯМЗ); б — типа Гессельман фирмы «Камминс»

крытой КС наблюдается повышенное дымление, особенно при работе по внешней характеристике. К другим недостаткам таких камер следует отнести и относительно высокие скорости нарастания давления, и максимальные давления цикла (в дизелях без наддува p_z достигают 9...12 МПа), что связано с наличием большого количества топлива в КС в испаренном и распыленном виде еще в период начала горения. Варианты

форм открытых камер типа Гессельман приведены на рис. 6.5. В варианте 1 представлена традиционная КС типа Гессельман, в варианте 2 — КС с увеличенным диаметром горловины и приподнятым центральным выступом, в варианте 3 — КС с увеличенным зазором над поршнем. Характер влияния указанных форм КС на экономичность дизеля и дымность ОГ показан на рис. 6.5, б:

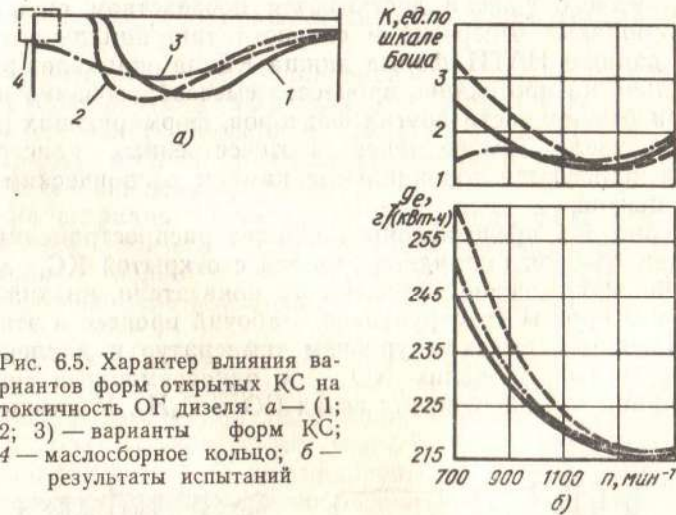


Рис. 6.5. Характер влияния вариантов форм открытых КС на токсичность ОГ дизеля: а — (1; 2; 3) — варианты форм КС; 4 — маслосборное кольцо; б — результаты испытаний

Форма КС этого типа подобрана таким образом, чтобы форма топливной струи в полете обеспечивала равномерное распределение топлива и воздуха в конце впрыскивания, когда основная часть топлива сосредоточивается во фронте топливной струи, а при попадании топлива на стенку КС — в пристеночной зоне, чем обеспечивается высокая экономичность и малая дымность ОГ.

В открытой КС часть топлива попадает на относительно холодные поверхности вырезов под клапаны. Увеличение доли топлива, попадающей на эти поверхности при высоком расположении топливных струй (в варианте 2 угол наклона распыляющих отверстий распылителей равен 150° вместо 140° у традиционной формы КС в варианте 1), ухудшает показатели экономичности и дымности ОГ. В свою очередь, попадание большей части топлива в пристеночную область гильзы цилиндра, в которую отжимается и большая часть воздушного заряда, способствует снижению дымности ОГ — вариант 3. В общем случае для получения лучших результатов по токсичности, дымности ОГ и экономичности процесса форма КС должна учитывать геометрические параметры топливной струи, ее структуру,

организацию вихревого движения, а также возможность попадания топлива не только на стенки, но и на более холодные поверхности, в частности — вырезы под клапаны.

Разделенные КС (рис. 6.6) применяются в предкамерных дизелях. Топливо впрыскивается в предкамеру, где оно воспламеняется и начинает сгорать при недостатке кислорода. Процесс смесеобразования осуществляется за счет кинетической энергии воздуха при его поступлении в предкамеру во время такта сжатия и при перетекании сгорающей смеси из предкамеры в основную КС. Кинетическая энергия струи топлива при истечении из сопла распылителя влияет на процесс смесеобразования в гораздо меньшей степени, чем в открытой КС. При специально организованном вихревом движении воздушного заряда в предкамере и тангенциальном подводе его в основную КС с большой скоростью (100...200 м/с) дизель принято характеризовать как вихрекамерный. У него относительный объем вихревой КС, как правило, равен $V_{КС}/V_c=0,4 \dots 0,6$,

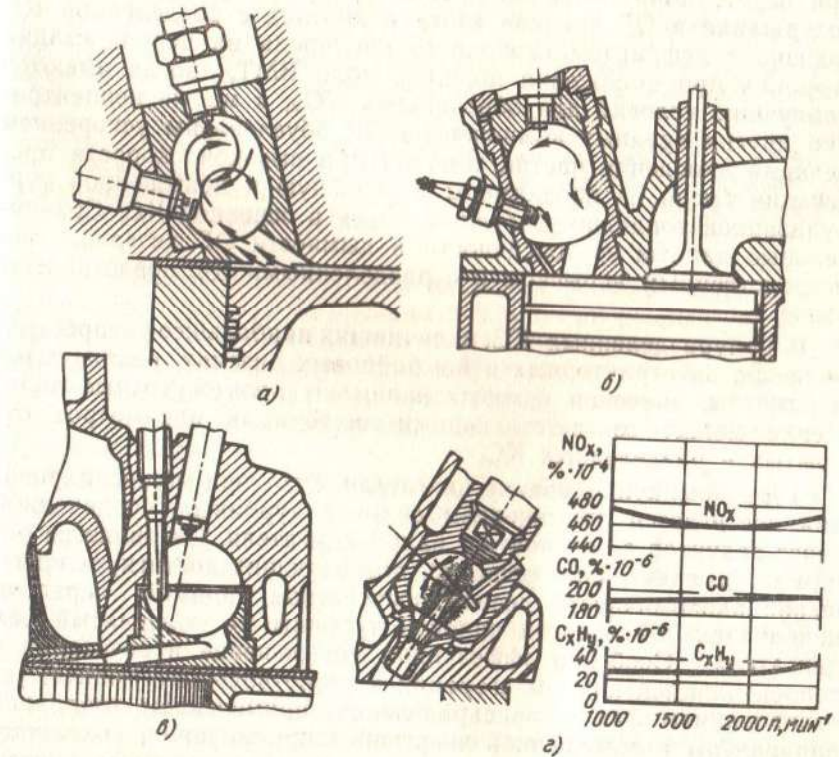


Рис. 6.6. Предкамеры дизелей: а и б — «Тойота»; в — «Дженерал-Моторс»; г — «Манхайм» (с показателями токсичности)

площадь сечения соединительных отверстий составляет 0,8... 2,7% площади поршня, форсунки закрытого типа с штифтовым распылителем и с относительно низким давлением затяжки иглы.

Эффективное использование кислорода позволяет достигнуть $\alpha = 1,15 \dots 1,25$ на номинальном режиме при более низких, чем у других типов КС, токсичности и дымности ОГ. У разделенных КС, как правило, относительный объем предкамеры $V_{КС}/V_c = 0,25 \dots 0,4$, относительная площадь соединительных каналов равна 0,3...0,6% площади поршня. Перетекание смеси из предкамеры в основную происходит при скорости 230...320 м/с за 15...20° до прихода поршня в ВМТ.

Наибольшее распространение разделенные КС нашли на дизелях малой размерности. Дизели с непосредственным впрыском топлива с открытой КС имеют на 5...10% лучшую экономичность по сравнению с дизелями с разделенными КС, однако токсичность и дымность ОГ последних в 2...3 раза ниже. Худшая экономичность вызвана увеличенными насосными потерями при перетекании смеси из предкамеры в основную. Меньшее содержание в ОГ оксидов азота в дизелях с разделенной КС связано с дефицитом свободного кислорода на первой стадии сгорания при положении поршня около ВМТ, когда имеются наилучшие условия для образования NO_x , а малые концентрации других вредных компонентов ОГ обусловлены ускорением реакций окисления частиц топлива при высокой скорости протекания смеси из предкамеры в основную и повышенной турбулизацией топливно-воздушной смеси в основной КС. Сравнительные данные по токсичности и дымности ОГ дизелей с непосредственным впрыском и с разделенными КС представлены выше.

В полуразделенных КС, получивших наибольшее распространение на автотракторных и комбайновых дизелях, реализуются параметры, значения которых занимают промежуточные положения между соответствующими значениями параметров открытых и разделенных КС.

Турбокомпаундирование двигателя. Этот вид модифицирования достигается применением силовой турбины, соединенной через редуктор с коленчатым валом двигателя. Он является одним из перспективных решений, позволяющих достигнуть повышения экономичности дизеля посредством прямой передачи дополнительной энергии силовой турбины на коленчатый вал двигателя. Особенно эффективно это решение в сочетании с теплоизоляцией камеры сгорания и газоотводящего тракта, регулированием фаз газораспределения, применением топливной аппаратуры с повышенной энергией всprыскивания, охлаждением наддувочного воздуха, применением электронных систем регулирования. Оптимальное сочетание перечисленных техни-

ческих решений потенциально дает и разрешение проблемы резкого улучшения социально-экологических показателей двигателя.

Схема энергетической турбокомпаундной установки приведена на рис. 6.7. Эта конструкция создается в НАМИ.

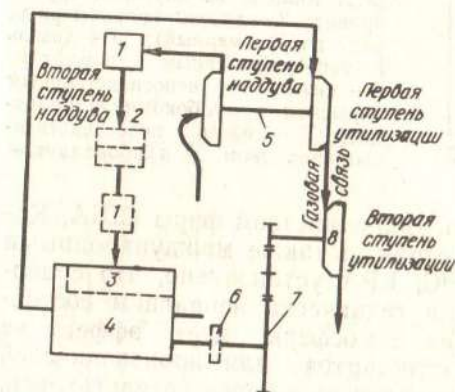


Рис. 6.7. Схема энергетической турбокомпаундной установки: 1 — охладитель наддувочного воздуха; 2 — компрессор (приводной); 3 — механизм регулирования газораспределения; 4 — поршневой двигатель; 5 — турбокомпрессор; 6 — муфта; 7 — редуктор; 8 — силовая турбина

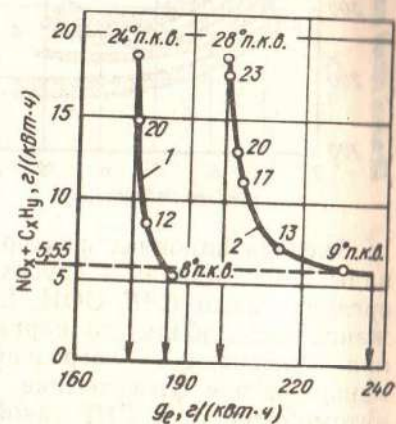


Рис. 6.8. Зависимость суммарного содержания оксидов азота и углеводородов от удельного расхода топлива при разных углах опережения впрыскивания топлива: 1 — теплоизолированный двигатель; 2 — базовый двигатель с жидкостным охлаждением

Зависимость суммарного содержания оксидов азота и углеводородов от удельного расхода топлива при разных углах опережения впрыскивания для теплоизолированного двигателя по данным фирмы «Комацу» (рис. 6.8) свидетельствует о больших возможностях снижения впрыскивания топлива в теплоизолированном исполнении двигателя, особенно в его турбокомпаундном исполнении.

У турбокомпаундного дизеля без теплоизоляции выброс твердых частиц на 15...19% ниже, чем у двигателя с обычным наддувом. Полученные результаты объясняются отсутствием инерционности силовой турбины на переходных режимах работы дизеля, если сравнивать с обычной системой турбонаддува. Совместное применение турбокомпаундирования и теплоизоляции КС позволило фирме «Комацу» на 83...86% снизить выброс твердых частиц.

Турбокомпаундирование является одним из наиболее перспективных решений совершенствования дизеля, поскольку оно позволяет наряду со снижением токсичности и дымности ОГ заметно улучшить топливную экономичность (рис. 6.9).

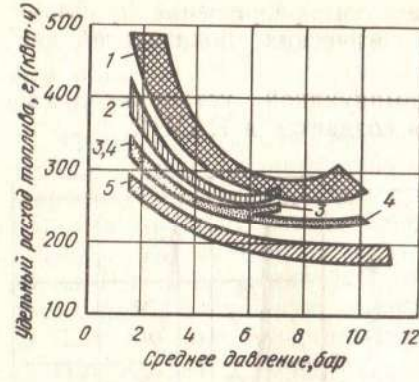


Рис. 6.9. Характер влияния различных способов организации рабочего процесса на топливную экономичность ДВС (по данным фирмы «Бош») при частоте вращения вала 2500...3000 мин⁻¹: 1 — бензиновый двигатель с впрыском топлива во впускной трубопровод; 2 — дизель (форкамерный или вихрекамерный); 3 — дизель с непосредственным впрыском; 4 — дизель с непосредственным впрыском и турбокомпаундированием; 5 — дизель с непосредственным впрыском и турбонаддувом

Эксплуатационные факторы. Большинство фирм США, Канады, ФРГ, Японии и других стран, а также международными организациями ЕЭК ООН, ЕЭС, ЕРА установлено, что содержание автомобильного парка в технически исправном состоянии в уменьшении загрязнения атмосферы дает эффект не меньший, чем ужесточение стандартов для производителей автомобилей. Для СНГ такой подход еще более результативен, поскольку обновляемость парка очень низка, а срок службы автомобилей на практике увеличен в 2...3 раза по сравнению с другими странами.

Большой срок службы автомобилей приводит к изменению выбросов вредных веществ по мере увеличения пробега автомобиля. Суммарная токсичность автомобилей, определяемая с учетом гигиенической значимости этих веществ мало изменяется, однако снижение выброса оксидов азота сопровождается возрастанием до 40...80% выброса углеводородов, в том числе ПАУ. Главные причины — это износ цилиндропоршневой группы двигателя, увеличение расхода масла на угар. Поэтому весьма важна организация своевременных обслуживания и ремонта двигателя и его систем, позволяющих сохранить выброс вредных веществ близким к уровню выбросов новым автомобилем (табл. 6.2).

Для обеспечения необходимого уровня контроля технического состояния, диагностики, обслуживания и ремонта автомобилей в процессе эксплуатации необходимо создание соответствующих сети и пунктов диагностики и ремонта, а также наличие всей номенклатуры приборов. В настоящее время оснащенность ГАИ газоанализаторами составляет 65%, автотранспортных хозяйств — 20...25%, дымомерами — около 10%. Эффективное снижение выброса вредных веществ автомобилями достигается также соответствующей организацией движения и перевозок. Табл. 6.3 дает возможность оценить влияние режима проезда перекрестка легковыми (л) и грузовыми (гр) автомобилями. В качестве примера дан вариант, обеспечивающий

Таблица 6.2

Влияние технического состояния автомобиля на выброс вредных веществ с отработавшими газами

Вид неисправности	Изменение выброса, %				Изменение расхода топлива, %
	CO	C _x H _y	NO _x	Дымность	
Бензиновые двигатели					
Разрегулировка карбюратора	+100...300	+10...100	-5...-25	—	+3...100
Нарушение угла опережения зажигания	+10...50	+50...300	-50...+100	—	+10...200
Износ основных деталей двигателя	+10...50	+10...50	-5...-30	—	+5...15
Неисправность свечей зажигания	-50...+50	+100...900	+10...50	—	+10...15
Повышенное сопротивление движению		Увеличение до 20%		—	+5...20
Дизели					
Разрегулировка ТНВД	+5...50	+5...25	-25...+25	+25...100	+5...25
Нарушение угла опережения начала впрыскивания топлива	+5...50	0...25	-100...+100	-25...+50	+5...25
Износ основных деталей двигателя	+50	+100	-25	+100	+15
Неисправность форсунок	+25...50	+50...100	-25	-25...+25	+10...20
Повышенное сопротивление впуску воздуха и выпуску ОГ	+50...100	+50...100	-50	+100	+15
Повышенное сопротивление движению		Увеличение до 20%			+5...20

Таблица 6.3

**Влияние режима проезда автомобилем перекрестка
на выброс вредных веществ**

Режим движения	Выброс вредных веществ						Расход топлива, г	
	СО		С _x Н _y		NO _x		л	гр
	л	гр	л	гр	л	гр		
Подъезд к перекрестку, торможение двигателем со скорости 50 км/ч до 0	2	7	0,5	2	0,03	0,5	9	40
Стоянка у светофора в течение 1 мин (двигатель работает на холостом ходу)	6	8	0,5	1	—	—	20	70
Разгон до скорости 50 км/ч	3	18	0,5	2	1,4	3,5	25	130
Итого с остановкой	11	33	1,5	5	1,43	4,0	54	240
Проезд перекрестка с постоянной скоростью 50 км/ч	1,5	5	0,3	1	0,2	0,5	10	45

оптимальный выброс вредных веществ (хорошее техническое состояние автомобиля, дисциплинированный водитель, соблюдение правил дорожного движения).

При безостановочном проезде перекрестка по «зеленой волне» выброс СО на этом участке пути снижается в 6...8 раз, выброс и расход топлива — в 5...6 раз.

Влияние режимов движения автомобиля на выброс вредных веществ в атмосферу учитывается при установлении ограниченной скорости на автодорогах (с увеличением скорости автомобиля удельный выброс оксида углерода и углеводов уменьшается, а выброс наиболее токсичных из нормируемых веществ — оксидов азота — растет), что не только повышает безопасность движения, но и снижает выброс NO_x. Принятое на автодорогах ограничение скорости для пассажирских автомобилей (до 90 км/ч) и для грузовых (до 70 км/ч) дает возможность снизить выброс оксидов азота в 1,5...2 раза.

Важный резерв снижения выбросов вредных веществ — правильная организация перевозок, исключение порожних пробегов, выбор кратчайших и наименее загруженных маршрутов и т. д.

Своевременное техническое обслуживание и регулирование дизеля, как правило, позволяют значительно уменьшить его дымность, которая возникает из-за уменьшения установочного угла опережения впрыскивания топлива в результате износа деталей топливного насоса (в первую очередь нагнетательного клапана и плунжерных пар), снижение качества распыливания

топлива (закоксовывание форсунок, понижение давления впрыска и др.). Так, замена на обкатанном эталонном дизеле LIAZ M630 нового топливного насоса другим (снятым с машины, имеющей пробег 200 000 км) привела к двукратному увеличению дымности ОГ.

При нормальной эксплуатации и правильном техническом обслуживании токсичность ОГ по мере увеличения наработки двигателя изменяется незначительно.

Представляют интерес результаты испытаний четырехтактного дизеля с рабочим объемом камер сгорания в поршне 7,45 л степенью сжатия 16,5 и номинальной мощностью 166 кВт (226 л. с.) при 1750 мин⁻¹ по определению влияния износа двигателя на его токсические показатели (табл. 6.4).

Таблица 6.4

Результаты испытаний на влияние износа

Показатели	Продолжительность работы двигателя, ч			
	200	400	600	800
Выброс с ОГ, г/ч:				
С _x Н _y	15	60	150	100
СО	2,2	1,9	1,3	2,2
NO _x	0,95	1	0,85	1
Выброс с картерными газами, г/ч:				
С _x Н _y	0,1	0,3	3	0,5
СО	2	2,2	25	4
NO _x	1	1,8	6	1,5
Расход картерных газов, м ³ /ч	2,5	1,8	5,1	2,6
Расход масла на угар, % расхода топлива	1	0,7	3,2	1,2

После 600 ч работы была произведена замена маслосъемных поршневых колец дизеля.

**7. ПАРАМЕТРЫ РЕГУЛИРОВКИ
ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ ДИЗЕЛЯ;
ЭКСПЛУАТАЦИОННЫЕ И КОНСТРУКТИВНЫЕ ФАКТОРЫ
БЕНЗИНОВОГО ДВС, ВЛИЯЮЩИЕ НА ТОКСИЧНОСТЬ
ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ**

Решающее влияние на образование всех групп токсичных веществ оказывает процесс сгорания углеводородных топлив в цилиндрах, который задается типом и особенностями рабочего процесса, а также работой топливной аппаратуры. Параметры и регулировки последней существенно сказываются на выбросе токсичных веществ дизелем.

Основные факторы, позволяющие снизить токсичность ОГ:

количество впрыскиваемого топлива;
длительность впрыскивания (или его скорость);
давление впрыскивания;
турбулизация заряда;
конструктивные особенности;
угол опережения начала впрыскивания топлива.

Количество впрыскиваемого топлива. Уменьшение количества впрыскиваемого топлива (т. е. его цикловой подачи) приводит к увеличению α , что увеличивает полноту сгорания топлива и снижает выброс дизелем сажи, СО и C_xH_y ; выбросы NO_x при этом практически не изменяются, а в некоторых случаях могут даже увеличиваться.

Уменьшение максимальной цикловой подачи частично снижает токсичность ОГ, но приводит к падению номинальной мощности дизеля, уменьшая производительность машины, на которой он установлен. Поэтому такой метод нашел применение только в комплексных системах, включающих методы снижения содержания в ОГ оксидов азота.

Для снижения выбросов сажи на режиме полной нагрузки, которой в основном и определяется общий весовой выброс сажи, ориентировочно можно рекомендовать уменьшение максимальной цикловой подачи на 20...25%.

Испытания дизелей показали, что характер протекания нагрузочных характеристик в зависимости от α в первом приближении одинаков для двигателей всех типов и не зависит от способа изменения α . Однако в зависимости от степени совершенства рабочего процесса, технического состояния двигателя и состава топлива абсолютные значения концентрации сажи при одном и том же значении α у различных двигателей различаются весьма существенно. С учетом отмеченной закономерности в качестве обобщающего параметра выбран относительный коэффициент избытка воздуха $\alpha/\alpha_{0,4}$, равный отношению текущего коэффициента избытка воздуха к коэффициенту избытка воздуха, соответствующего содержанию сажи в ОГ данного дизеля, равному 0,4 мг/л (5,2 ед. по шкале Боша).

Выбор этого параметра объясняется стремлением построить безразмерный комплекс, который в минимальной степени зависел бы от факторов, приводящих к расхождению измеренных при одном и том же коэффициенте абсолютных значений концентраций сажи.

Зависимость в диапазоне изменения концентраций сажи 0,1 мг/л < C < 1,2 мг/л с достаточной для практических целей точностью описывается эмпирической формулой

$$C = 1,2 \frac{\alpha_{0,4}}{\alpha} - 0,75 \text{ или иначе } \frac{\alpha}{\alpha_{0,4}} = \frac{1,2}{C + 0,75}.$$

Угол опережения начала впрыскивания топлива θ . Как следует из имеющихся данных, содержание NO_x в ОГ, например,

дизеля Д-240 возрастает с увеличением θ во всем диапазоне исследованных скоростных режимов.

Уменьшение θ приводит к значительному уменьшению выброса дизелем Д-240 оксидов азота, увеличению выбросов СО, C_xH_y и некоторому ухудшению его экономических показателей. Таким образом, разработать практические рекомендации на изменение стандартных регулировок угла опережения начала впрыскивания топлива можно только на основании всестороннего анализа полученных результатов.

Обобщенные зависимости между показателями токсичности ОГ и экономичностью дизелей, не зависящие от индивидуальных показателей дизелей и других неучтенных факторов справедливы для любого режима работы двигателей, и их использование дает необходимую оценку вне зависимости от того, какой вид имеет ездовой цикл.

Используя их, можно сделать заключение о том, что для сохранения приемлемого уровня экономических показателей дизелей, без чрезмерного увеличения дымления, а также без увеличения выбросов СО, C_xH_y из-за серьезных нарушений в процессе сгорания необходимо уменьшить θ до 6...10° п. к. в. Из приведенных данных следует, что эксплуатационные расходы топлива при этом возрастают на (6±3)%, выброс NO_x уменьшается примерно в два раза, а выброс сажи увеличивается в 1,3...1,9 раза.

Параметры процесса впрыскивания. Существенное влияние на процессы смесеобразования и сгорания, а следовательно, и на топливную экономичность дизеля и условия образования токсичных компонентов оказывает качество процесса топливоподачи. Воздействие на этот процесс путем рационального подбора геометрических характеристик топливной аппаратуры, условий и параметров впрыскивания топлива позволяет одновременно достигнуть улучшения экономичности рабочего процесса и снижения выброса многих продуктов неполного сгорания топлива. В результате дополнительных мероприятий появляется возможность снижения выброса с ОГ и NO_x .

Впрыскивание топлива в КС у большинства дизелей начинается за 10...25° п. к. в. до ВМТ и в зависимости от режима работы двигателя продолжается от 7 до 25° п. к. в. Топливо впрыскивается в КС через одно или несколько (в зависимости от типа дизеля) сопловых отверстий распылителя диаметром от 0,2 до 0,36 мм.

В момент впрыскивания давление среды составляет до 3...7 МПа при температуре до 800...1000 К. В КС топливо распадается на капли, диаметр которых составляет 3...60 мкм. Распад топлива на капли зависит от трения топлива о стенки сопловых каналов, вязкости топлива, параметров топливоподачи (в первую очередь от турбулентности его движения в сопловом канале).

При умеренных скоростях истечения топлива через сопловые каналы, определяемых давлением топлива в форсунке (для большинства отечественных автотракторных дизелей $p_{впр} = 15 \dots 45$ МПа), распад топливной струи происходит под действием продольных возмущений, сил поверхностного натяжения и аэродинамического сопротивления воздуха.

В последние годы наметилась тенденция резкого увеличения давления впрыскивания до $150 \dots 200$ МПа. При этом распад струи топлива начинается непосредственно у соплового канала, что качественно изменяет протекание процессов смесеобразования и сгорания.

Исследованиями на одноцилиндровой установке фирмы «Даймлер—Бенц» с применением методов лазерной диагностики установлены особенности влияния увеличения энергии впрыскивания топлива на показатели рабочего процесса дизеля. Серийная система впрыскивания включала в себя топливный насос фирмы «Бош» с плунжером диаметром 10 мм, ходом 2,8 мм, максимальной подачей 150 мм^3 за цикл, длиной трубопровода высокого давления 925 мм при диаметре 2 мм; форсунки — с четырьмя сопловыми отверстиями при затяжке пружины иглы форсунки на 17,5 МПа.

Экспериментальная система с увеличенной энергией впрыскивания топлива включала топливный насос с плунжером диаметром 15 мм, ходом 1,5 мм, длиной трубопровода высокого давления 1180 мм при диаметре 1,6 мм; форсунки с четырьмя сопловыми отверстиями и усилием затяжки пружины иглы форсунки на 50 МПа. Полученное увеличение давления впрыскивания топлива с 22 до 67 МПа привело к увеличению скорости распространения струи топлива в КС примерно вдвое, а угол раскрытия струи уменьшился (рис. 7,1, а). При увеличенной энергии впрыскивания испарение топлива начинается намного быстрее, и прежде всего во фронте струи, который раньше достигает противоположной стенки камеры сгорания (рис. 7,1, б).

При проведении стендовых испытаний на одноцилиндровом двигателе было установлено, что период задержки воспламенения практически не зависит от давления впрыскивания, величина максимального давления цикла при высоких нагрузках снижается, однако жесткость процесса, а следовательно, и уровень шума заметно увеличиваются, что вызывает необходимость снижения установочного угла опережения впрыскивания топлива. С точки зрения токсичности и дымности ОГ повышение энергии впрыскивания топлива при обеспечении условий сохранения угла опережения и продолжительности впрыскивания приводит к резкому снижению дымности ОГ на всех режимах работы двигателя и содержания углеводородов при малых и высоких нагрузках при низкой частоте вращения коленчатого вала и при высоких нагрузках, когда увеличивается частота вращения до номинальной. Содержание NO_x в ОГ и экономиче-

ские показатели двигателя при указанных условиях эксперимента практически не изменились.

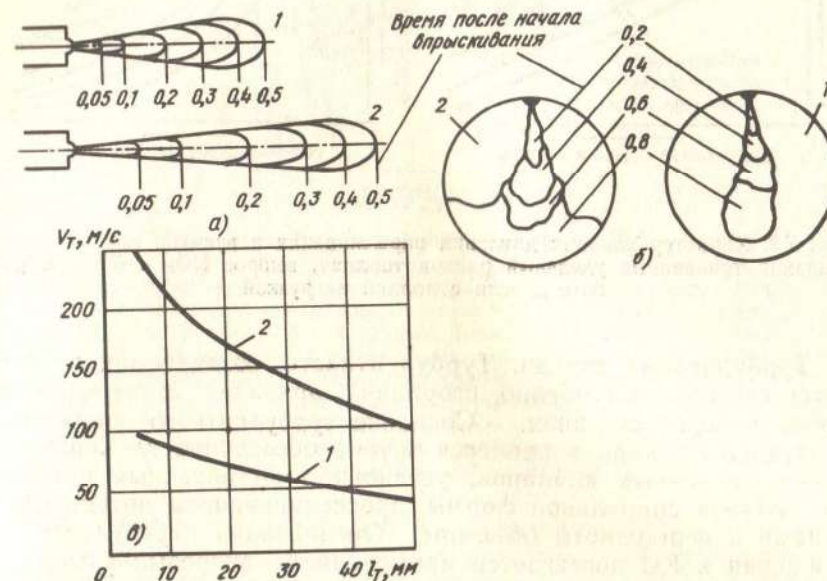


Рис. 7.1. Характер влияния давления впрыскивания топлива на структуру топливной струи и процесс ее испарения: а — геометрические параметры струй топлива; б — кинограммы развития струй в камере сгорания; в — зависимость изменения длины топливной струи от ее скорости; 1 — при давлении впрыскивания 22 МПа; 2 — при давлении впрыскивания 67 МПа

Более значимые результаты по токсичности и дымности ОГ, а также по индикаторному расходу топлива получены ЦНИТА при проведении аналогичных исследований на одноцилиндровой установке 1Ч13/14, но при оптимальном угле опережения начала впрыскивания топлива его величина уменьшилась, что способствовало наряду со снижением выброса с ОГ C , CO , C_xH_y уменьшению выброса NO_x и уменьшению удельного расхода топлива на $5 \text{ г}/(\text{кВт}\cdot\text{ч})$.

В исследованном диапазоне давлений впрыскивания $30 \dots \dots 72$ МПа не определено предельных оптимальных значений $p_{впр}$ по параметрам токсичности и дымности ОГ и экономичности рабочего процесса.

Взаимосвязь удельных выбросов оксидов азота, твердых частиц и удельного эффективного расхода топлива при изменении угла опережения начала впрыскивания и увеличения давления впрыскивания топлива (повышающееся пиковое давление перед форсункой при работе дизеля на полной нагрузке) представлена на рис. 7.2 (по данным фирмы «Бош»).

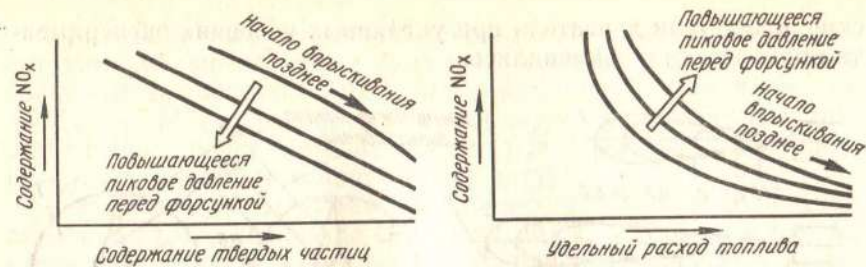


Рис. 7.2. Характер влияния давления впрыскивания и времени начала впрыскивания топлива на удельный расход топлива, выброс NO_x и ТЧ при работе дизеля с полной нагрузкой

Турбулизация заряда. Турбулентность, создаваемая в процессе сжатия (и особенно, сгорания), приводит к повышению эффективности сгорания. Создание турбулентного движения воздушного заряда в процессе впуска обеспечивается заширлением впускных клапанов, установкой во впускных патрубках вставок спиральной формы, дросселированием потока клапанами с переменным объемом. Организация турбулентного движения в КС достигается применением вихревых камер и предкамер.

Конструктивные особенности. Современные топливные насосы высокого давления (ТНВД), оснащаемые соответствующими системами и устройствами, воздействуют на процесс топливоподачи таким образом, чтобы не допустить увеличения дымности ОГ при работе дизеля на неустановившихся режимах.

Дизель, оснащенный таким ТНВД, удовлетворяет при прочих равных условиях, современным требованиям по социально-экологическим параметрам. На рис. 7.3 приведена схема влияния каждой из указанных выше систем на характеристики дизеля.

Электронные системы. Совершенствование систем топливоподачи идет и по направлению внедрения систем электронного управления. Так, новый насос MW фирмы «Бош», имеющий компактную конструкцию с литым корпусом всего насоса и коваными корпусами секций, имеет давление подачи до 85 МПа (в классических типах давление подачи до 60 МПа). У нового насоса R 7100 увеличен до 12 мм диаметр и ход плунжера, его конструкция выдерживает давление до 100 МПа.

Современные конструкции форсунок оснащены штифтовыми и дырчатыми распылителями. Давление начала вспрыскивания у штифтовых форсунок составляет около 13 МПа. В современных форсунках давление впрыскивания регулируется различными фирмами на разные давления (от 17 до 29 МПа).



Рис. 7.3. Характер действия различных систем ТНВД на характеристики дизеля: 1 — ограничитель дымности (ограничивает ход рейки, корректирует давление наддува); 2 — система коррекции (ограничивает ход рейки, корректирует подачу топлива по абсолютному давлению); 3 — цикловая подача топлива; 4 — система высотного корректора (ограничивает ход рейки, корректирует подачу топлива); 5 — ограничитель холостого хода с температурным корректором (ограничивает частоту вращения холостого хода, обеспечивает температурную коррекцию); 6 — температурный регулятор (регулирует количество топлива, впрыскиваемого при запуске, с температурной коррекцией)

При ужесточении требований к токсичности и дымности ОГ, а также к экономии топлива возрастает число контролируемых параметров дизеля и усложняются системы регулирования. По этой причине большинство зарубежных фирм приступили к разработке и уже серийно изготавливают системы электронного управления работой дизелей, которые кроме функций контроля токсичности и дымности ОГ, улучшения топливной экономичности выполняют функции диагностики, обеспечения надежности пуска, защиты систем охлаждения и смазывания и т. п. Фирма «Diesel Kiki» разработала ТНВД распределительного типа с электронным управлением второго поколения. В этом насосе цикловая подача топлива и угол опережения впрыскивания топлива регулируются в зависимости от положения тумблеров включения стартера, температуры охлаждающей жидкости, расхода воздуха на впуске, нагрузки и др. по программе микропроцессора в зависимости от режимов работы двигателя. Электронная система осуществляет контроль работы системы топливоподачи по каждому цилиндру отдельно, обеспечивает регулирование дизеля при двойной топливоподаче и при конвертации его для работы на альтернативных топливах. Указанный ТНВД применяет и фирма «Isuzu» на базовых дизелях 6RA1T, что позволяет улучшить токсические показатели, а удельный расход топлива уменьшить на 10 г/(кВт·ч). Фирма «Lucas CAV» разработала специальный топливный насос роторного типа с электронным регулятором, топливная система которого включает блок микропроцессора, датчики положения педали управления, частоты вращения коленчатого

вала, положения ВМТ, температур воздуха и охлаждающей воды, давления наддува и датчик подъема иглы форсунки. Система имеет замкнутую обратную связь при контроле подачи топлива и момента впрыскивания. Сигналы от датчиков сравниваются с программой, заложенной в микропроцессор, и при их расхождении исполнительные устройства корректируют подачу и момент впрыскивания топлива. Одним из преимуществ

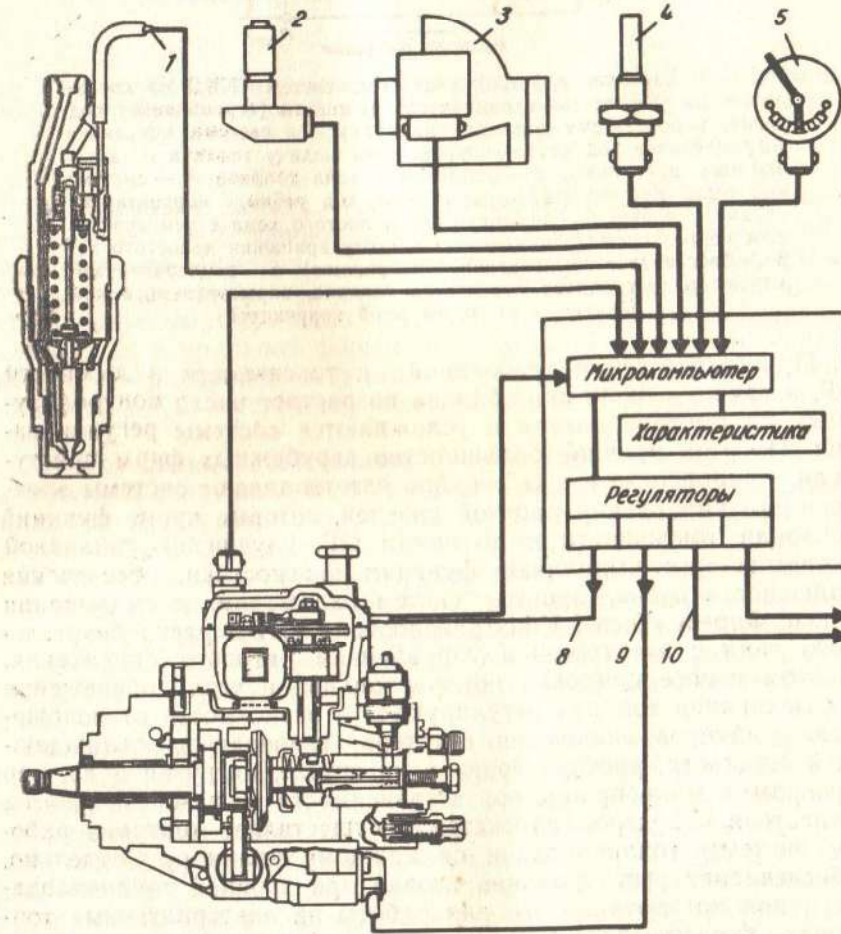


Рис. 7.4. Схема системы электронного управления топливopодачей дизеля ТНВД фирмы «Бош» серии VE: 1 — датчик угла опережения впрыскивания топлива; 2 — датчик ВМТ и частоты вращения коленчатого вала; 3 — расходомер воздуха; 4 — датчик температуры охлаждающей жидкости; 5 — датчик положения педали водителя; 8 — исполнительное устройство угла опережения впрыскивания топлива; 9 — исполнительное устройство управления цикловой подачей топлива; 10 — исполнительное устройство системы рециркуляции ОГ

электронного регулятора является строгое обеспечение задаваемой характеристики максимальной цикловой подачи топлива на всех режимах работы дизеля и гибкое регулирование подачи топлива на частичных режимах, что обеспечивает оптимальность работы двигателя вблизи предела дымления во всем диапазоне частот вращения.

Система согласуется также с органами управления системы рециркуляции ОГ, обеспечивая минимальный уровень токсичности ОГ дизеля.

В качестве примера на рис. 7.4 показана схема современной системы электронного управления топливopодачей дизеля ТНВД фирмы «Бош» серии VE. Распределительный насос VE устанавливается на дизель с непосредственным впрыском

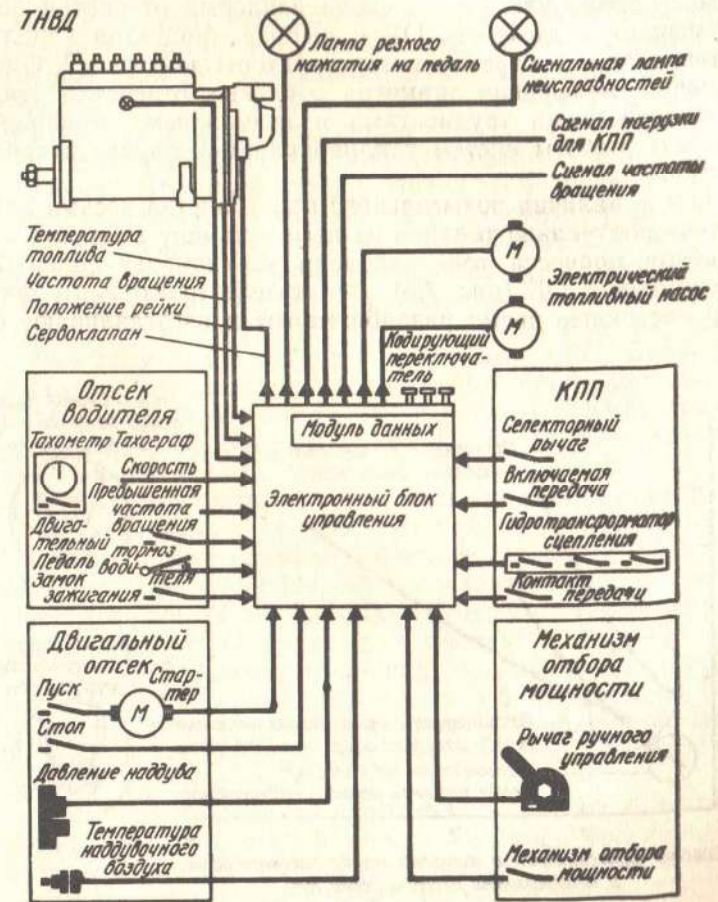


Рис. 7.5. Схема работы системы управления ТНВД, представленной на рис. 7.4.

и оснащен гидравлическим корректором топливоподачи, ускорителем холодного пуска, устройством для изменения угла опережения начала впрыскивания топлива и электромагнитным клапаном отключения топливоподачи. В изложенной комплектации насос управляется микропроцессорной системой, схема работы которой дана на рис. 7.5.

Особенности конструкции форсунки. Из особенностей конструкции следует отметить число сопловых отверстий и объем подыгольного пространства. При увеличении числа сопловых отверстий и, соответственно, уменьшении их диаметра улучшается использование объема камеры сгорания, повышается качество распыла топлива. Произведенное с учетом согласования числа и пространственного размещения отверстий с формой камеры сгорания увеличение числа сопловых отверстий позволяет уменьшить дымность ОГ и выброс продуктов неполного сгорания, к чему и стремятся конструкторы двигателей. Однако предельное уменьшение диаметра сопловых отверстий связано с технологическими трудностями и возможным понижением надежности работы систем топливоподачи в случае засорения отверстий.

Вопрос о наличии подыгольного пространства весьма важен, поскольку подтекание топлива из него в камеру сгорания после завершения процесса топливоподачи увеличивает содержание углеводородов в ОГ (рис. 7.6). Все дизелестроительные фирмы мира в настоящее время разрабатывают и изготавливают фор-

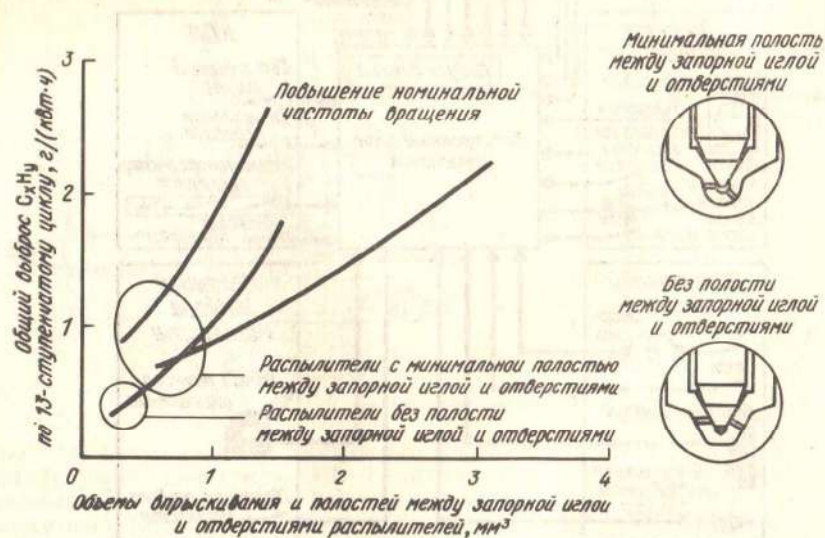


Рис. 7.6. Влияние величины объема подыгольного пространства форсунки ТНВД дизеля на выброс углеводородов

сунки с минимальным объемом полости между запорной иглой и отверстиями распылителя (исходя из технологических возможностей).

Эксплуатационные и конструктивные факторы, влияющие на токсичность бензинового двигателя. Производство автомобилей с бензиновыми двигателями достигло впечатляющих размеров. Из большого перечня задач, которые решаются автомобильными фирмами и предприятиями можно выделить как основные снижение токсичности ОГ и снижение расхода топлива.

В марте 1985 г. страны — члены ЕЭС в Брюсселе, как уже упоминалось, договорились о последовательном ужесточении норм по выбросам вредных веществ автомобилями во всех странах ЕЭС. Легковые автомобили были разделены на группы по признаку размерности двигателя. Самые жесткие нормы применяются к ДВС с рабочим объемом свыше 2 л — по ним эти нормы действуют с 1988 г. Для автомобилей с рабочим объемом от 1,4 до 2 л жесткие нормы в среднем приняты с 1991 г., а для малолитражных автомобилей (менее 1,4 л) — с 1992... 1993 гг. Принятие этих решений форсировало разработки по малотоксичным и экономичным рабочим процессам бензиновых ДВС, системам снижения токсичности ОГ, нетрадиционным конструкциям и рабочим процессам, по электронике для автомобилей, переводу ДВС на альтернативные топлива и др.

Аналогичные тенденции имеют место и по отношению к другим видам транспорта с бензиновыми ДВС. Ведущие зарубежные фирмы, как уже отмечалось, проблему выполнения нормативов по токсичности ОГ бензиновых ДВС разрешают посредством разработки и производства перспективных двигателей, перечисленных ниже.

1. ДВС, работающие на бедных смесях (величина α — до 2, степень сжатия — до 13), что позволит сократить выброс CO и NO_x, а при применении окислительных систем очистки кроме того, как правило, обеспечивается выполнение нормативных требований по всем компонентам (типичный представитель направления — фирма «Тойота»).

2. ДВС с расслоением заряда (различное значение α для смеси в КС, около свечи зажигания — богатая смесь, в остальном пространстве — переобедненная); форкамерно-факельное зажигание; турбулизация обедненной смеси при интенсифицированном ее поджигании).

3. ДВС на богатых и нормальных смесях с применением бифункциональных систем очистки от всех токсичных компонентов (с применением электронных систем управления).

4. Другие технические решения, в том числе ДВС, работающие на альтернативных топливах, двухтактные ДВС и др.

Отечественные автомобили с бензиновыми ДВС удовлетворяют требованиям наших стандартов 1991...1992 гг. (без

применения нейтрализаторов), гораздо более мягким, чем зарубежные. К выполнению перспективных требований наши массовые автомобили не готовы. Это объясняется несовершенством системы стандартизации, отсутствием экономического стимулирования выпуска малотоксичных автомобилей на внутренний рынок, неготовностью эксплуатирующих организаций (отсутствие приборов) и нефтехимической промышленности, не имеющей возможности быстро наладить производство неэтилированных бензинов, неподготовленностью производства современных конкурентоспособных каталитических нейтрализаторов, сажевых фильтров, электронных систем управления двигателями. В 1989 г. начата организация производства систем нейтрализации с использованием возможностей предприятий оборонных отраслей и привлечением зарубежных фирм с выходом на необходимые объемы к 1994...1995 гг., поскольку полное прекращение производства этилированных бензинов в стране произойдет не ранее 1995 г. До этого времени отечественные автомобильные заводы будут вынуждены выпускать для внутреннего рынка продукцию, уступающую по социально-экологическим показателям той, которая будет направляться на экспорт.

С 1992...1993 гг. есть условия для внедрения систем нейтрализации в отдельных регионах на коммунальном транспорте, автомобилях-такси, микроавтобусах и городских автобусах.

Динамика внедрения мероприятий по снижению токсичности ОГ отечественных легковых автомобилей дана в табл. 7.1.

Менее благоприятная ситуация с разрешением проблемы снижения токсичности ОГ грузовых автомобилей с бензиновыми ДВС во многом объясняется тем, что при производстве и в эксплуатации грузовых автомобилей применяются низкокачественные материалы и топливо. Вместе с тем в бензиновых двигателях грузовых автомобилей ЗИЛ и ГАЗ кроме ранее проведенных работ по оптимизации конструкции и регулировок систем питания, зажигания и газораспределения внедрен новый рабочий процесс с вихревым смесеобразованием, позволивший наряду с уменьшением расходов топлива на 5...8%, снизить выброс вредных веществ на 25%. Начато производство автомобилей, работающих на газовом топливе не из социально-экологических соображений, а из-за особенностей топливно-энергетического баланса страны. Вынужденное применение газа в двигателях, предназначенных для работы на жидком топливе, в некоторых случаях ухудшает социально-экологические показатели автомобилей. Для полной же реализации достоинств газового топлива необходимо создание чисто газовых модификаций автомобилей. На двигателях, работающих на жидком и газовом топливе, можно добиться снижения выбросов оксида углерода и дымности в 1,5...2 раза, но при этом требуется очистка газа от природных примесей, в первую оче-

Таблица 7.1

Мероприятия по снижению нормируемых вредных выбросов автомобилями и эффективность их внедрения (1968...1990 годы)

Годы (периоды внедрения)	Мероприятие	Выброс, г/км			Сум- мар- ный выб- рос, %	Изменение, %		
		CO	C _x H _y	NO _x		расхо- да топли- ва	затрат на произ- водство	затрат на эксплуа- тацию
1968...1970	Исходный уровень токсичности (Фиат-124)	82	6,2	1,4	100	—	—	—
1971...1973	Индивидуальная регулировка системы холостого хода карбюратора до 2% по CO	60	5,6	1,6	80	-5	+0,5	+0,5
1974...1977	Увеличение зазоров между электродами свечей зажигания	60	2,8	1,8	79	-3	0	0
	Оптимизация регулировок карбюратора и зажигания	40	4,2	2,2	67	-10	+1	0
1978...1980	Подогрев воздуха перед карбюратором, экономайзер принудительного холостого хода, автономная система холостого хода	20	3,2	1,9	43	-5	+1	0
	Рециркуляция отработавших газов	22	3,4	1	35	+7	+0,5	—
1981...1986	Форкамерно-факельное зажигание	3	3,2	1,2	18	-10	+5	+2
1987...1990	Каталитические нейтрализаторы:	4	1	1,1	19	+3	+5	+3
	двухкомпонентные (окислительные)							
	трехкомпонентные (бифункциональные)	1	0,8	0,5	7	-3	+18	+5

редь соединений серы, которые имеют неприятный запах и не сгорают в цилиндрах двигателя, что создает дискомфорт, вызывает головную боль, прежде всего у водителей. Кроме того, они отрицательно воздействуют на каталитические нейтрализаторы. На автомобильных заводах проведена необходимая подготовка к производству и ведутся эксплуатационные испытания модификаций, работающих на бензометанольной смеси и на чистом метаноле, что позволит снизить выброс вредных веществ, в первую очередь NO_x , на 20...40%. Однако применение этого топлива проблематично вследствие отсутствия его в необходимом количестве, коррозионной агрессивности, ядовитых свойств метанола.

Целесообразно рассмотреть влияние эксплуатационных и конструктивных факторов на показатели токсичности ОГ бензиновых ДВС.

Состав топливно-воздушной смеси. Как уже отмечалось, для бензинового двигателя с точки зрения токсичности ОГ основополагающей является зависимость содержания токсичных компонентов от состава смеси (см. выше рис. 3.1).

В области наиболее эффективного сгорания ($\alpha=1\dots 1,1$) содержание CO и C_xH_y в ОГ наименьшее, а содержание NO_x — наибольшее. По мере снижения в области мощностного обогащения смеси до $\alpha=0,9\dots 0,95$ содержание NO_x немного снижается, а содержание CO и C_xH_y увеличивается. В этом случае несмотря на высокую температуру сгорания определяющим является дефицит кислорода, приводящий к недогоранию топлива и тормозящий процесс образования NO_x . При дальнейшем снижении α до 0,6...0,8 резко увеличивается недогорание топлива, приводящее к дальнейшему ухудшению мощностных и экономических показателей двигателя, снижению содержания NO_x и увеличению содержания CO и C_xH_y .

По мере обеднения смеси при $\alpha=1,1$ повышается экономичность двигателя (избыток кислорода обеспечивает эффективные процессы догорания CO и C_xH_y) и снижается содержание NO_x в отработавших газах.

Нагрузка двигателя. В бензиновых двигателях регулирование мощности осуществляется путем изменения положения дроссельной заслонки. При работе двигателя на холостом ходу и при малых нагрузках процессы газообмена ухудшены, в результате чего увеличивается доля остаточных газов в цилиндрах и увеличивается содержание в ОГ продуктов неполного сгорания, а образование NO_x уменьшается.

Частота вращения коленчатого вала. Влияние частоты вращения коленчатого вала двигателя на суммарную токсичность бензиновых ДВС и удельный выброс альдегидов (RCHO), углеводов, оксидов азота и углерода представлено на рис. 7.7. Общим для испытанных двигателей является повышенный выброс CO на малых частотах вращения, вызванный ухудшением

процесса смесеобразования при снижении расхода воздуха через карбюратор и относительным увеличением неравномерности распределения топлива по цилиндрам. Четко выражена у

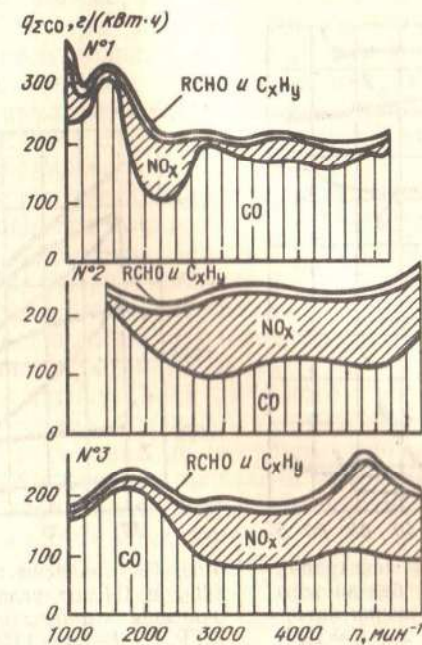


Рис. 7.7. Внешние токсические характеристики двигателей №№ 1; 2; 3;

Двигатель	№ 1	№ 2	№ 3
Форма камеры сгорания	Полусферическая	Клиновья	Клиновья
Рабочий объем, см ³	1 500	1 200	1 450
Максимальная мощность, кВт (л. с.)	51,5 (70)	46,2 (66)	53,7 (73)
Частота вращения коленвала при максимальной мощности	5 450	5 600	5 600

всех двигателей и тенденция к увеличению выброса NO_x при уменьшении выделения CO и наоборот. Содержание CO мало изменяется в зоне высоких частот вращения коленчатого вала.

Угол опережения зажигания. Влияние угла опережения зажигания (θ) на содержание CO , CO_2 и C_xH_y (рис. 7.8) незначительно. Снижение содержания C_xH_y при более позднем зажигании объясняется увеличением температуры отработавших газов, что способствует их догоранию в системе выпуска. В отношении оксидов азота (рис. 7.9) следует отметить, что при работе двигателя на обедненных смесях уменьшение θ

приводит к существенному снижению концентраций NO_x . По мере обогащения это влияние уменьшается, что связано с дефицитом кислорода.

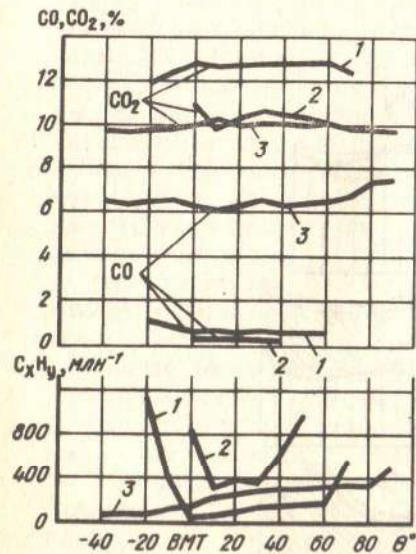


Рис. 7.8. Зависимость концентрации CO_2 , CO и C_xH_y в ОГ бензинового двигателя от угла опережения зажигания: 1 — $\alpha=1$; 2 — $\alpha=1,23$; 3 — $\alpha=0,76$

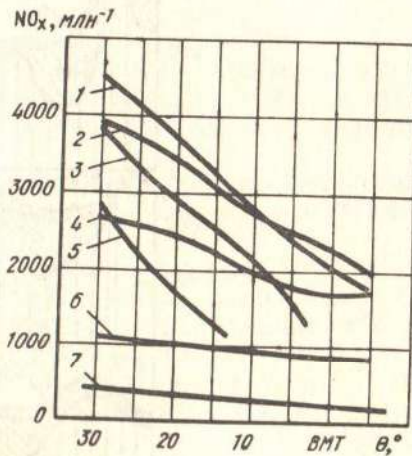


Рис. 7.9. Зависимость концентрации NO_x в ОГ от угла опережения зажигания α бензинового двигателя СГР: 1 — $\alpha=1,03$; 2 — $\alpha=0,97$; 3 — $\alpha=1,1$; 4 — $\alpha=0,91$; 5 — $\alpha=1,16$; 6 — $\alpha=0,84$; 7 — $\alpha=0,78$

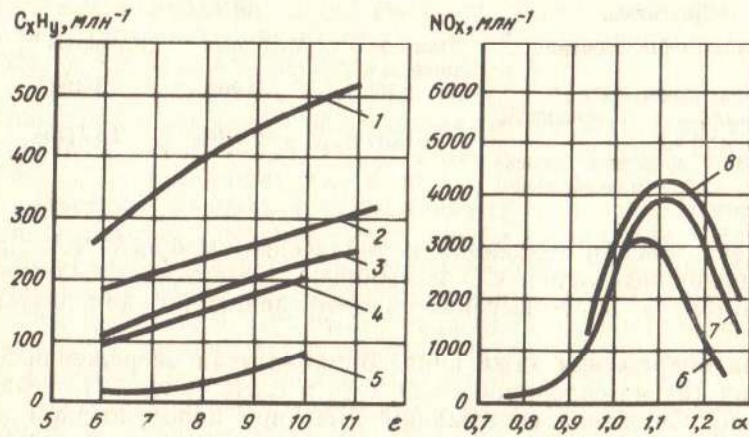


Рис. 7.10. Концентрация C_xH_y и NO_x в ОГ бензинового двигателя в зависимости от степени сжатия: 1 — $\alpha=0,81$, $\theta=38^\circ$; 2 — $\alpha=0,81$, $\theta=2^\circ$; 3 — $\alpha=1$, $\theta=20^\circ$; 4 — $\alpha=1,16$, $\theta=38^\circ$; 5 — $\alpha=1,16$, $\theta=2^\circ$; 6 — $\epsilon=6,7$; 7 — $\epsilon=9,5$; 8 — $\epsilon=12$

Степень сжатия. Влияние степени сжатия ϵ на содержание C_xH_y и NO_x в ОГ бензинового двигателя представлено на рис. 7.10. Содержание C_xH_y в ОГ при $0,8 < \alpha < 1,2$ при увеличении ϵ возрастает вследствие увеличения относительной площади поверхности камеры сгорания $F_{\text{КС}}/V_{\text{КС}}$, что отражается на роли пристеночного холодного слоя, тормозящего процессы догорания углеводородов. Увеличение максимальной температуры рабочего цикла при увеличении ϵ вызывает рост образования оксидов азота. Этот эффект больше сказывается в случае бедных регулировок двигателя.

Интенсификация электрозажигания и вихреобразование. Повышение стабильности воспламенения (а следовательно, и снижение выброса продуктов неполного сгорания топлива), особенно при малых нагрузках и на переходных режимах, достигается посредством интенсификации электрозажигания. Это способствует расширению пределов возможного обеднения смеси, улучшению приемистости двигателя, уменьшению влияния на характеристику электрического разряда отложений нагара на контактах свечей, уменьшению числа капелек неиспарившегося топлива в искровом промежутке. Интенсификация электрозажигания осуществляется применением транзисторных или тиристорных схем и бесконтактных электронных прерывателей вместо механических.

Условия, способствующие быстрому и стабильному развитию начального очага пламени обеспечиваются и посредством завихривания рабочего заряда, что достигается тангенциальным направлением впускных патрубков или их выполнения в форме улитки. Эти приемы находят широкое применение в конструкциях ДВС.

Впрыск топлива. Этот прием, обычно применяется в дизелях, а в бензиновых ДВС осуществляется в основном впрыск бензина во впускные патрубки каждого цилиндра, что позволяет достичь равномерности распределения топлива по цилиндрам, исключить время, необходимое для стабилизации топливной пленки на стенках впускного тракта, а это существенно улучшает приемистость двигателя, особенно непрогретого.

При впрыске топлива снижается температура впускного патрубка и, соответственно, топливно-воздушной смеси, уменьшается гидравлическое сопротивление впускного тракта, что способствует возрастанию коэффициента наполнения, позволяет улучшить экономические и мощностные показатели двигателя и уменьшить (в комбинации с обеднением смеси) выброс CO , C_xH_y и NO_x .

Впрыск топлива позволяет также улучшить равномерность распределения топлива и между последовательными циклами, особенно на переходных режимах, а следовательно, приводит к уменьшению выброса CO и C_xH_y на основных эксплуатационных режимах работы двигателя.

Впрыск топлива является весьма действенным приемом обеспечения регулирования состава топливно-воздушной смеси в узком диапазоне при $\alpha=1$ в случае установки на автомобиле бифункциональных систем очистки ОГ.

Такой технический прием осуществляется на большинстве современных систем топливоподачи легковых и грузовых автомобилей зарубежного производства с электронными системами управления. Практический результат от внедрения впрыска топлива — это гарантированное выполнение требований по уменьшению выброса вредных веществ, достижение высокой топливной эксплуатационной экономичности автомобиля.

Эксплуатационные факторы. Наибольшее содержание CO и C_xH_y в ОГ соответствует режимам принудительного холостого хода (замедления) и холостого хода. По мере увеличения скорости автомобиля (увеличения температурного режима двигателя) содержание CO и C_xH_y уменьшается. Таким образом влияние режимов работы двигателя и особенно переходных режимов — торможения и замедления, является существенным и наглядно свидетельствует о практической возможности снижения загрязнения атмосферы городов посредством организации оптимального режима движения автотранспорта в городах.

Качество изготовления двигателя. Ужесточение требований на технологические допуски при изготовлении деталей и сборке узлов систем топливоподачи, деталей цилиндропоршневой группы и системы выпуска позволяет заметно уменьшить выброс вредных веществ с ОГ. Так, введение пооперационного и выходного контроля в производстве карбюраторов позволило при сужении допусков по расходу топлива с 10 до 4...5% заметно сократить выброс CO (рис. 7.11).

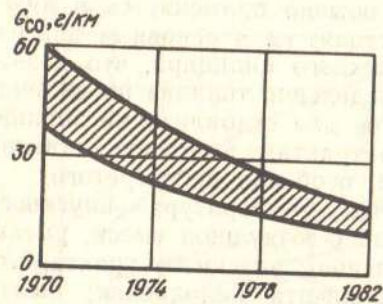


Рис. 7.11. Характер снижения выбросов оксида углерода легковыми автомобилями вследствие повышения качества изготовления карбюратора



Рис. 7.12. Динамика изменения коэффициентов наполнения по отдельным цилиндрам двигателя ЗИЛ-130

Повышение качества изготовления, сужение допусков на расходные характеристики дозирующих элементов карбюраторов позволяет уменьшить выброс CO на 30...35%, C_xH_y — на

25% и получить экономию топлива до 5%. Ужесточение поля допуска по отклонению угла опережения зажигания распределителей может почти в пять раз снизить выброс углеводородов автомобилями одной и той же размерности. Снижение суммарных выбросов вредных веществ на 7...9% получено на восьмицилиндровом двигателе посредством оптимизации формы каналов впускного трубопровода, повышения качества обработки внутренних поверхностей деталей системы впуска.

Особенности карбюраторных систем питания и систем зажигания. Совершенствование карбюраторных систем питания в определенной степени позволяет уменьшить выброс вредных веществ с ОГ бензиновых ДВС, особенно на режимах холостого хода, прогрева двигателя, принудительного холостого хода. На большинстве типов автомобилей для эксплуатации в зимний период применяется подогрев всасываемого воздуха.

Для этого служат устройства автоматического регулирования подогрева и стабилизации температуры всасываемого воздуха, обеспечивающие достижение постоянства состава смеси, устойчивость работы двигателя на обедненных смесях при минимальном выбросе продуктов неполного сгорания топлива. Лучшими из такого рода систем являются системы с обратной связью, в которых используется кислородный датчик (λ -зонд) с чувствительным элементом из диоксида циркония, создающим ЭДС при наличии кислорода в ОГ при $\alpha=0,98 \dots 1,02$.

В таких системах сигнал кислородного датчика управляет корректором состава смеси, который, воздействуя на топливоподающую систему карбюратора или готовую смесь, обедняет ее дополнительным воздухом. Такие системы с кислородным датчиком во всем диапазоне тяговых режимов (за исключением экономайзерных) поддерживают постоянный состав топливно-воздушной смеси в узком диапазоне $\alpha \approx 1$, что обеспечивает достижение заданной топливной экономичности и эффективную работу бифункциональной системы очистки ОГ.

Многоцилиндровые двигатели с карбюраторными системами топливоподачи отличаются большой неравномерностью распределения смеси (топлива) по цилиндрам (рис. 7.12). Для исправления этого недостатка применяются системы электронного управления карбюратором, а также увеличиваются скорости воздушного потока в диффузоре карбюратора (до 70...120 м/с вместо 13...37 м/с), что приводит к повышению качества приготовления топливно-воздушной смеси.

Для снижения межцилиндровой и межцикловой неравномерности подачи топлива применяются меры по гомогенизации смеси во впускном тракте двигателя. Этой цели служат различные испарительные системы, в которых кипение углеводородов происходит при движении топливной пленки по поверхности неизолированного испарителя, дополнительные устройства типа

насадков-распылителей, электроподогреватели смеси, системы обработки топливно-воздушной смеси в электрическом, магнитном полях и т. д.

Для снижения относительных выбросов вредных веществ с отработавшими газами бензиновых ДВС на режимах малых нагрузок применяется метод отключения цилиндров. Расход топлива при отключении цилиндров может быть снижен до 20%, выброс углеводородов — до 40...50%. Но при этом увеличивается выброс оксидов азота из-за увеличения максимальной температуры цикла в работающих цилиндрах. В ездовом цикле относительное время работы двигателя с отключенными цилиндрами может достигать 85%.

Нетяговые режимы ездового цикла (холостой ход и принудительный холостой ход — ХХ и ПХХ) по выбросу ОГ составляют 16% общего выброса за испытание и являются причиной выброса около 25% СО и 39% C_xH_y за цикл. Для исключения этого явления разработаны регулятор разрежения (РР), осуществляющий выпуск дополнительного воздуха и снятие разрежения во впускном трубопроводе при переходе на режим ПХХ, а также экономайзер принудительного холостого хода (ЭПХХ), который на режиме ПХХ прекращает подачу топлива.

Для исключения взаимного влияния друг на друга систем холостого хода карбюратора и главной дозирующей системы разработаны автономные системы холостого хода (АСХХ) с количественным регулированием смеси постоянного состава, совмещенные с ЭПХХ. В них почти вся смесь на режимах малой

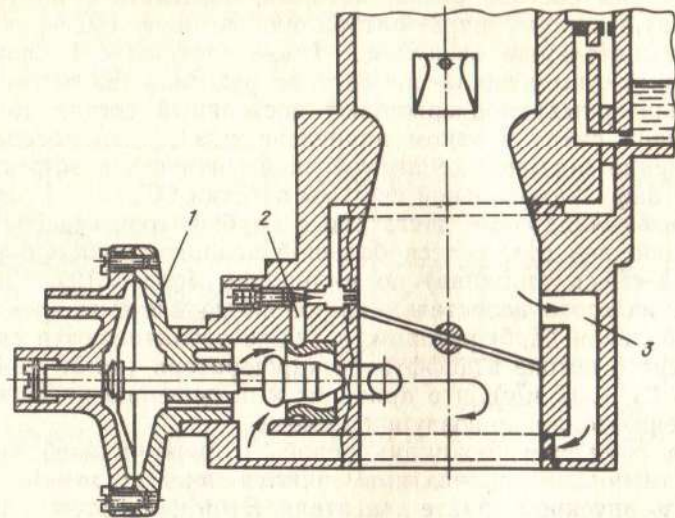


Рис. 7.13. Автономная система холостого хода «Каскад» карбюратора модели 2105: 1 — ЭПХХ; 2 — канал подвода топливно-воздушной смеси; 3 — канал подвода воздуха

частоты вращения коленчатого вала подается через специальный отводный канал, подключенный параллельно дроссельной заслонке, перекрывающей основной топливно-воздушный тракт карбюратора. Применительно к карбюраторам 2105, 2107, К-131 это выполнено в системе «Каскад» (рис. 7.13). Эта система позволяет экономить топливо на 10...13%, а содержание СО в ОГ поддерживать на уровне 0,25...0,5%. Выброс СО и C_xH_y по циклу уменьшается на 15...25%.

8. СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ И ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ

8.1. Снижение токсичности и дымности ОГ дизелей

Для дизелей в рамках ЕЭС приняты нормы, действующие в настоящее время: директивы 72/306/ЕЭС (дымности ОГ дизелей), 88/76/ЕЭС (газообразные выбросы дизелей малой мощности для легковых автомобилей), 88/436/ЕЭС (выброс твердых частиц для дизелей малой мощности), 88/77/ЕЭС (газообразные выбросы дизелей большой мощности для грузовых автомобилей и автобусов), а также правила № 49 (газообразные выбросы дизелей средней и большой мощности), приведенные в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Сравнение норм выброса газообразных компонентов ОГ (в г/(кВт·ч))

Компонент	Правила ЕЭС № 49	Директива 88/77/ЕЭС
СО	14	11,2
C_xH_y	3,5	2,4
NO_x	18	14,4

Директива 88/77 действует с октября 1990 г. при проведении сертификации новых двигателей, а с апреля 1991 г. — для дизелей, серийно выпускаемых с конвейеров двигательных заводов.

Европейская экономическая комиссия для дизелей средней и большой мощности приняла нормы и этапы их введения в действие, приведенные в табл. 8.2.

Этапы ужесточения Европейских норм по токсичности и дымности ОГ дизелей

Порядок введения	Выброс вредных веществ, г/(кВт·ч)				Срок введения
	СО	С _x Н _y	NO _x	ТЧ	
Этап 1	4,5	1,1	8	0,36	с 01.07.1992 г. — для сертификации новых двигателей; с 01.10.1993 г. — для серийной продукции
Этап 2	4	1,1	7	0,15	с 01.10.1995 г. — для сертификации новых двигателей; с 01.10.1996 г. — для серийной продукции

Наиболее сильные зарубежные фирмы планируют обеспечить выполнение этих норм по мере их введения посредством совершенствования рабочего процесса. Для иллюстрации состояния этого вопроса в России можно привести данные, полученные при испытаниях дизеля КамАЗ-7403.10-01, у которого выбросы СО составили 6,1 г/(кВт·ч), выбросы С_xН_y — 1,6 г/(кВт·ч) и выбросы NO_x — 8 г/(кВт·ч).

У малотоксичной модификации дизеля КамАЗ токсические характеристики достигнуты посредством уменьшения угла опережения впрыскивания топлива, изменения характеристик автоматической муфты опережения впрыскивания, снижения цикловой подачи топлива на 23%, уменьшения объема подыгольного пространства у форсунок.

Малотоксичные рабочие процессы. Снижение выброса вредных веществ в атмосферу с ОГ дизелей может быть достигнуто использованием малотоксичных рабочих процессов. Общие принципы формирования малотоксичного рабочего процесса можно сформулировать следующим образом.

Для снижения образования NO_x первая стадия сгорания топлива должна осуществляться при обогащении рабочей смеси в условиях недостатка атомарного кислорода за фронтом пламени, а вторая стадия диффузионного сгорания — при обеднении смеси и при интенсивной турбулизации топливно-воздушной смеси. Для снижения содержания СО в ОГ необходимо стремиться к интенсификации перемешивания топливно-воздушной смеси в конечной фазе догорания топлива.

Снижение содержания сажи достигается торможением предпламенных процессов, гомогенизацией топливного заряда в КС, сокращением количества топлива, достигающего холодных стенок камеры и турбулизацией смеси в период догорания топлива.

Мероприятия, направленные на сокращение периода задержки воспламенения и турбулизацию топливно-воздушной смеси во второй период диффузионного сгорания, позволяют уменьшить содержание в ОГ углеводородов.

Таким образом, при малотоксичном рабочем процессе в начальный период сгорания необходимо уменьшить интенсивность тепловыделения при условии интенсификации скорости сгорания и турбулизации смеси в конечной фазе сгорания.

В наибольшей мере это осуществляется в разделенных и вихревых КС при организации двойной (или ступенчатой) топливоподачи, в полуразделенных КС, а также при применении ряда специальных мероприятий.

В дизелях с разделенными КС содержание практически всех основных токсичных компонентов существенно ниже, чем в дизелях с непосредственным впрыском и полуразделенными КС.

Общий недостаток малотоксичных дизелей с предкамерным и вихрекамерным смесеобразованием — повышенный расход топлива, связанный с дополнительными потерями энергии на перетекание смеси из предкамеры в основную КС. Этот недостаток предкамерных дизелей отсутствует в дизеле фирмы «СЕМТ-Пилстик», предкамера которого имеет соплообразную форму соединительного канала (рис. 8.1, а). Камера сгорания

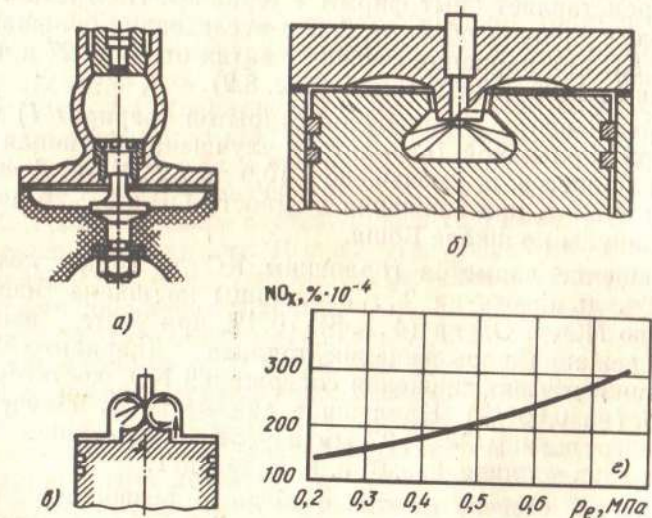


Рис. 8.1. Схемы камер сгорания с различной формой соединительных каналов: а — КС «СЕМТ-Пилстик»; б — КС по а. с. № 547336; в — КС с выступом на поршне; г — токсичность ОГ по NO_x камеры сгорания с выступом на поршне

дизелей этой фирмы серии PA4-185 и PA4-200 состоит из предкамеры объемом около 30%, в которую впрыскивается топливо. Предкамера соединена с основной КС отверстием, запирающимся коническим выступом в момент подхода поршня к ВМТ. Из предкамеры смесь с высокой скоростью перетекает в основную КС через узкое кольцевое сечение только при положении поршня около ВМТ, а в остальное время газообмен происходит при незначительных перепадах давлений без излишних затрат энергии. В совокупности все это позволяет снизить расход топлива до 221 г/(кВт·ч) и содержание NO_x в ОГ на $6 \cdot 10^{-4}\%$ при снижении до 25% величины максимального давления сгорания.

Определенный интерес по аналогии с приведенными результатами представляет камера в поршне по а. с. 547336 СССР (рис. 8.1, б), а также КС тороидальной формы, расположенная в головке цилиндра (рис. 8.1, в), нижняя часть которой закрывается специальным завихрителем в днище поршня. В этой КС через пазы в завихрителе воздух из ее центральной части вытесняется на периферию и обратно, чем достигается улучшение смесеобразования в условиях недостатка кислорода в тороидальной камере. Такая КС характеризуется очень низкой токсичностью ОГ по NO_x (рис. 8.1, г), а также по углеводородам и низкой дымностью.

Большой интерес в разработке малотоксичных рабочих процессов представляет опыт фирмы «Перкинс». На трехцилиндровом дизеле с рабочим объемом 2,52 л исследована большая группа форм КС при вариации степени сжатия от 15 до 27 и частоты вращения от 1400 до 2600 мин^{-1} (рис. 8.2).

По сравнению со стандартной открытой (вариант 1) в КС с зауженной горловиной (вариант 2) улучшена топливная экономичность процесса, p_z уменьшено с 10,9 до 7,24 МПа, T_z снижена с 1887 до 1527 К при снижении дымности ОГ с 5...6 до 2,5...4,5 единицы по шкале Боша.

Уменьшение диаметра горловины КС до 20 мм позволило уменьшить дымность на 2...3 единицы по шкале Боша, концентрацию NO_x в ОГ на $(4...8) \cdot 10^{-4}\%$ при учете изменения угла опережения впрыскивания топлива (варианты 2...5). Наибольший эффект снижения содержания NO_x достигнут в варианте 5 (на 0,001%). Наилучшие данные по g_e получены при диаметре горловины 32...37 мм и угле опережения начала впрыскивания топлива 4...6° п. к. в. до ВМТ.

Увеличение степени сжатия с 15 до 27 позволило снизить задержку воспламенения более чем в три раза, а содержание NO_x в ОГ уменьшилось на $(0,4...14) \cdot 10^{-4}\%$ при значениях $\theta = 12^\circ$ и 0° п. к. в. до ВМТ соответственно. Однако для этих вариантов (6, 7, 4, 8 и 9) ухудшилась топливная экономичность и повысилась дымность ОГ.

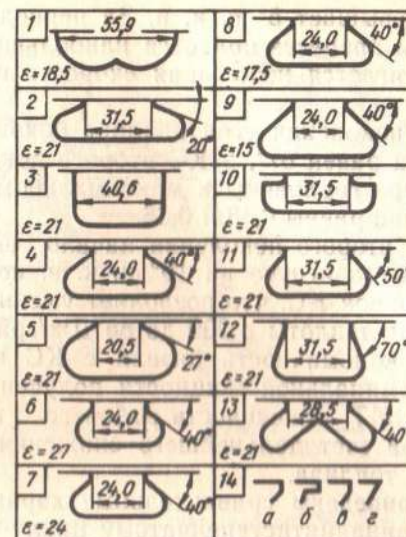


Рис. 8.2. Варианты конфигурации конструктивных элементов неразделенной камеры сгорания дизеля фирмы «Перкинс»

В результате исследования влияния угла наклона боковой поверхности относительно днища поршня (варианты 10, 2, 11, 12) при углах опережения впрыскивания топлива 12, 8, 4 и 0° п. к. в. до ВМТ найдены оптимальные по удельному расходу топлива и дымности ОГ углы наклона боковой поверхности, равные 20...50° (варианты 2 и 11). Уровень содержания NO_x в ОГ при этом (угол опережения впрыскивания топлива 0 и 4° п. к. в. до ВМТ) был на уровне $(5...6) \cdot 10^{-4}\%$. При увеличении θ до 8 и 12° и оптимальных углов наклона боковой стенки (20...50°) несколько увеличилось содержание NO_x в ОГ по сравнению с вариантами 10 и 12. Наихудшей из исследованных (варианты 14, а, б, в, г) является округленная стандартная форма кромки горловины (вариант 14, а). Центральный выступ (вариант 13) позволяет улучшить топливную экономичность, но приводит к увеличению содержания NO_x в ОГ.

На основании проведенных исследований фирма «Перкинс» разработала малотоксичный рабочий процесс Squish Lip для высокооборотных дизелей жидкостного охлаждения. Камера сгорания этих дизелей — дельтовидная, вытеснительное действие боковых поверхностей поршня усиливает завихренне воздушного заряда при перетекании его из надпоршневого пространства в КС на 10...20% по сравнению с традиционной тороидальной камерой. Распылитель имеет четыре сопловых отверстия. При снижении θ до 0° п. к. в. период задержки вос-

пламенения не превышает 5° п. к. в. За период задержки воспламенения в этом процессе подается наибольшее количество топлива, чем достигается небольшая скорость нарастания давления в цилиндре.

В КС первого поколения угол наклона боковой поверхности к плоскости днища равен 67° , в КС второго поколения — 50° , а отношения диаметра горловины к максимальному диаметру камеры соответственно равны 0,48 и 0,36.

В дизеле с КС второго поколения начало впрыскивания и выделения теплоты сдвинуто на 10° п. к. в. по отношению к серийной тороидальной КС, что позволяет уменьшить максимум скорости выделения теплоты с 200 до 85 Дж/градус п. к. в.

Оптимальная экономичность дизеля с КС второго поколения на режиме номинальной мощности получена при величине $\theta = 9^\circ$ п. к. в. до ВМТ. Токсичность рабочего процесса может быть уменьшена за счет дальнейшего снижения угла опережения впрыскивания топлива.

В табл. 8.3. приведены сравнительные характеристики токсичности ОГ по тринадцатиступенчатому циклу (США).

Таблица 8.3

Токсичность ОГ дизелей «Перкинс»

Дизель	Выброс вредных веществ, г/(кВт·ч)			
	NO _x	CO	C _x H _y	c
T6-3543 с открытой тороидальной КС	33,8	13,7	3,1	36,9
T6-3544 с открытой тороидальной КС	29,8	4	2	31,8
T6-3544 с КС первого поколения	10,6	4,4	3,1	13,7
T6-3544 с КС второго поколения	8,7	3,9	1,5	10,2

Мощность дизелей серии T6-3544 при прочих равных условиях 116 кВт против 105 кВт (с КС Squish Lip), а экономичность соответственно 240 г/(кВт·ч) против 250 г/(кВт·ч). В случае применения КС первого поколения при сохранении дымности ОГ величина θ снижается до 10° п. к. в. до ВМТ вместо 25° у дизеля с серийной тороидальной КС. Соответственно выброс NO_x с ОГ снижен на 70%, а величина p_z уменьшена с 13,4 до 11,4 МПа. Уменьшены также скорость нарастания давления в цилиндре и шумность работы двигателя (при ухудшении топливной экономичности). Некоторые характеристики дизеля с разными камерами сгорания показаны на рис. 8.3.

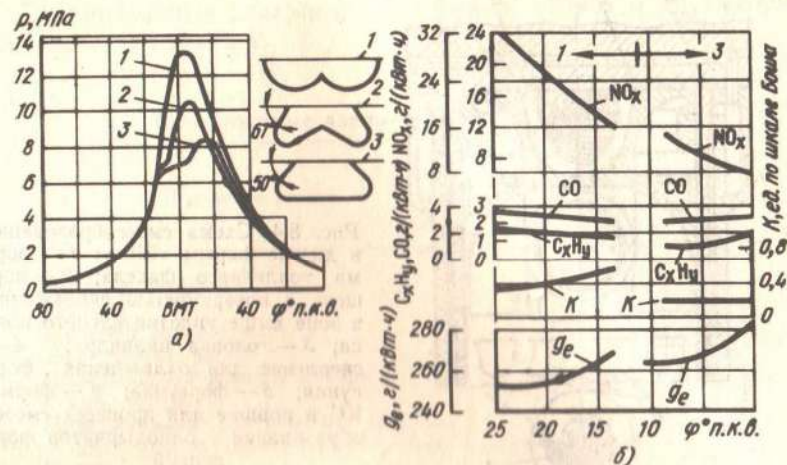


Рис. 8.3. Сравнительные характеристики дизеля T6-3544 при работе с различными камерами сгорания при полной нагрузке и $n = 2600$ мин⁻¹: а — индикаторные диаграммы; б — токсические характеристики; 1 — тороидальная КС; 2 — КС Squish Lip первого поколения; 3 — КС Squish Lip второго поколения

Дальнейшее снижение токсичности ОГ дизеля при применении КС второго поколения получено за счет ухудшения топливной экономичности до 270 г/(кВт·ч) при снижении p_z , скорости нарастания давления в цилиндре и шума.

Таким образом, процесс Squish Lip обеспечивает снижение выброса NO_x с ОГ на 75% при снижении p_z и шума.

Интересен опыт разработки малотоксичного рабочего процесса с объемным смесеобразованием, полученный в последние годы.

Особенностью рабочего процесса Duotherm, разработанного в ФРГ, является впрыскивание топлива с помощью односопловой или штифтовой форсунки в центр асимметричной КС, имеющей сферическую форму с подрезанной верхней частью (рис. 8.4). При положении поршня в ВМТ носок распылителя форсунки находится в зоне кромки КС. В камере сгорания организован интенсивный воздушный вихрь, который при взаимодействии с факелом впрыскиваемого топлива формирует в центре камеры топливно-воздушную смесь стехиометрического состава, окруженную оболочкой обедненной смеси. В турбонаддувном варианте в этой оболочке находится до 30% всего воздушного заряда. Сформированный в камере вихрь отличается пониженной турбулентностью.

Этот процесс (с объемным смесеобразованием) отличается низкой скоростью впрыскивания топлива, уменьшенным теплоотводом вследствие изоляции зоны сгорания от стенок КС оболочкой из бедной смеси, небольшой начальной скоростью теп-

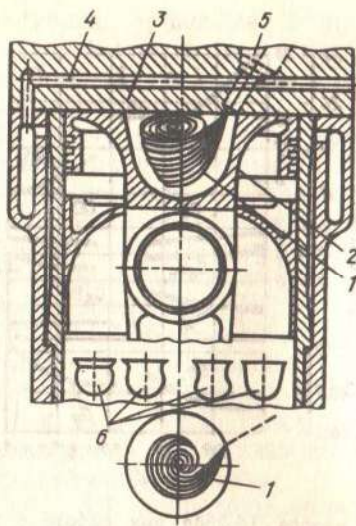


Рис. 8.4. Схема смесеобразования в дизеле фирмы «Elko»: 1 — форма топливного факела; 2 — поршень с поверхностью скольжения в зоне выше уплотнительного пояса; 3 — головка цилиндра; 4 — сверление для охлаждения форсунки; 5 — форсунка; 6 — формы КС в поршне для процесса смесеобразования с однодырчатой форсункой

ловыделения, но расширенным участком постоянной увеличенной скорости тепловыделения и резким спадом ее в конце такта расширения.

В связи с тем, что в локальных зонах сгорания с высокой температурой практически отсутствует свободный кислород (смесь стехиометрического состава), процесс отличается очень низким содержанием NO_x в ОГ.

Отсутствие топлива в холодных пристеночных слоях приводит к низкому содержанию в ОГ и C_xH_y . Процесс отличается низкой дымностью, улучшенной топливной экономичностью, низким уровнем шума, хорошей приспособленностью к работе на альтернативных топливах.

На базе процесса Duotherm фирма создала семейство дизелей с внутренним масляным охлаждением, предназначенных для установки на автомобили и тракторы. Поршни этих дизелей выполнены разъемными, состоящими из днища (чугун) и юбки (алюминиевый сплав или чугун), которые соединяются поршневым пальцем, но не соприкасаются. Днище обеспечивает уплотнение, а юбка, выполняющая функции направляющей части, не контактирует с КС и остается относительно холодной, она интенсивно охлаждается струями масла, которое подводится также и на внутреннюю поверхность сухой гильзы цилиндра. В сборе с поршневым пальцем конструкция поршня по массе на 20% легче алюминиевого поршня обычного высокофорсированного дизеля.

В дизелях «Elko» в головке блока цилиндров охлаждается только перемычка между клапанами, чем снижен теплоотвод в систему охлаждения.

Сравнительные данные дизеля фирмы «Elko» и других фирм приведены в табл. 8.4.

Таблица 8.4

Параметры дизеля	Фирмы	
	«Volvo», «Rikardo»	«Elko»
Число цилиндров	3	3
iV_h , см ³	1 279	1 387
Диаметр поршня, мм	79	80
Ход поршня, мм	87	92
Максимальная мощность (при n , мин ⁻¹), кВт	39 (4 300)	66 (4 500)
Максимальный вращающий (крутящий) момент (при n , мин ⁻¹), Н·м	90 (3 420)	165 (3 000)
Степень сжатия	20	18
Система турбонаддува	Гаррет Т2	ККК К24
Система охлаждения	Водяная	Масляная
Масса, кг	98	130

Процесс, характеризующий тенденцию гомогенизации топливно-воздушной смеси, разработан также японской фирмой «Тойота». Впрыскивание топлива в КС осуществляется с помощью однодырчатой форсунки с углом раскрытия топливного факела $30 \dots 120^\circ$ в камеру в поршне, имеющую форму тела вращения, близкую к форме топливного факела. Топливо воспламеняется и сгорает в объеме КС, не соприкасаясь со стенками. Варианты процесса включают центральное расположение

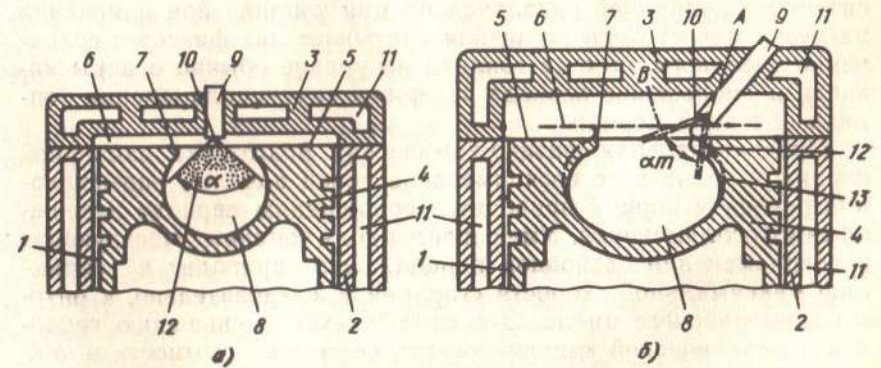


Рис. 8.5. Камера сгорания, реализующая объемный процесс смесеобразования с вертикальным (а) и наклонным (б) расположением форсунки: 1 — боковая поверхность поршня; 2 — цилиндр; 3 — головка цилиндра; 4 — поршень; 5 — днище поршня; 6 — надпоршневой зазор; 7 — горловина поршня; 8 — камера в поршне; 9 — форсунка; 10 — основание струи; 11 — рубашка охлаждения; 12 — факел топлива; 13 — проточка в горловине

форсунки 9 (рис. 8.5, а), установленной по оси цилиндра, и периферийную установку форсунки при ее наклонном положении (рис. 8.5, б). В последнем случае в горловине 7 поршня 4 выполняется проточка 13, обеспечивающая впрыскивание топлива в КС без попадания на стенки. По мнению разработчиков, в этом процессе обеспечивается использование всей массы окислителя (кислорода), содержащегося в объеме КС, что позволяет заметно улучшить экономичность дизеля, а также снизить токсичность и дымность ОГ.

Формирование малотоксичного рабочего процесса может быть обеспечено при организации управляемого впрыскивания топлива, в частности разделенного, при котором достигается снижение максимального давления сгорания при росте среднего эффективного давления, снижение выброса с ОГ оксидов азота и дымности ОГ.

Рабочий процесс дизеля при осуществлении двойной топливоподачи характеризуется умеренной скоростью тепловыделения в первом периоде сгорания и относительным возрастанием ее интенсивности во втором периоде, что благоприятно сказывается на снижении образования в цилиндрах вредных веществ.

Перечисленные положительные качества вызвали повышенный интерес ведущих институтов и фирм к разработке систем двойной топливоподачи.

Управление характеристиками впрыскивания при разделении цикловой подачи топлива имеет свои особенности. Основное внимание уделяется дозированию величины «запальной» порции топлива, которая на номинальном режиме составляет 12...18% суммарной цикловой подачи для большинства типов КС с непосредственным впрыском топлива. Управление относительной величиной запальной порции топлива при изменении нагрузки или частоты вращения учитывает два фактора: сохранение удельного расхода топлива на уровне обычного впрыскивания и уменьшение периода задержки самовоспламенения топлива основной порции.

Предварительная физико-химическая подготовка запальной порции топлива и ее воспламенение перед началом впрыскивания основной порции приводят к сокращению периода задержки самовоспламенения. Уменьшается доля топлива, участвующая в воспламенении основной порции, что приводит к снижению максимальной скорости сгорания и, следовательно, к оптимизации рабочего цикла. Это способствует уменьшению тепловой и механической напряженности, снижению дымности и токсичности, уменьшению уровня вибрации и шума дизеля.

Осуществление разделенного впрыскивания топлива возможно у высокооборотных дизелей с относительно малыми размерами цилиндра без существенной переделки серийной топливной аппаратуры в случае подачи запальной порции топлива в конце такта выпуска — начале такта впуска (необходимо

впрыснуть запальную порцию топлива не на гильзу, а на поверхность КС, образуемую верхним дном поршня).

Переход на разделенное впрыскивание топлива при сохранении штатных (заводских) регулировок ТНВД может сводиться к изменению профиля кулачка вала привода — применению на них дополнительного малого выступа для подачи запальной порции топлива. При этом выступ для подачи основной порции топлива остается без изменения по форме и ориентации на кулачковом валике. Необходимо отметить, что после подачи запальной порции плунжер ТНВД возвращается в НМТ и, следовательно, для подачи основной порции топлива может использоваться его полный ход. Общая цикловая подача, таким образом, может быть увеличена практически без изменения конструкции ТНВД.

Запальная порция топлива не должна быть малой, иначе при впрыскивании в начале такта впуска она распределяется в полости цилиндра. Впрыснутое топливо успеет полностью испариться, тогда образуется неоднородная по своему составу бедная смесь, и предварительных центров подготовки воспламенения топлива не возникает.

Если же запальная порция топлива больше оптимального значения, самовоспламенение топливно-воздушной смеси происходит с опережением (раньше предусмотренного времени).

Если подача запальной порции топлива происходит в конце такта выпуска и в начале такта впуска, то при этом значительная часть топлива удаляется из цилиндра вместе с ОГ в процессе выпуска, а это приводит к ухудшению экономических показателей цикла. Если поршень уже продвинулся от ВМТ (во время такта впуска) на величину, позволяющую топливному факелу беспрепятственно достигнуть гильзы цилиндра, с которой топливо испаряется хуже, чем с поверхности поршня, то это приводит к увеличению дымности и токсичности при ухудшении экономических показателей рабочего цикла дизеля.

При испытаниях дизеля Д-160 с двойной системой топливоподачи были получены следующие значения оценочных удельных выбросов вредных веществ и дымности ОГ.

Для дизелей в серийной комплектации: $g_{NO_x} = 27,5$ г/(кВт·ч); $g_{CO} = 1,2$ г/(кВт·ч); дымность ОГ — 41,5% по шкале дымомера «Хартридж».

Для дизеля в малотоксичной комплектации: $g_{NO_x} = 21,9$ г/(кВт·ч); $g_{CO} = 3,6$ г/(кВт·ч); дымность ОГ — 2,6% по шкале дымомера «Хартридж».

Для распределительного насоса ЦНИИМ и РСХИ разработана специальная система топливоподачи. Она работает следующим образом.

При подаче предварительной дозы топлива в первый цилиндр плунжер 4 (рис. 8.6) повернут основным отсечным окном 6 в сторону нижней торцевой дозирующей кромки дозато-

ра 12, обеспечивая подачу меньшей порции топлива. При этом дополнительное отсечное окно 8 повернуто в сторону верхней торцевой дозирующей кромки дозатора 11 и в отсечке предварительной дозы топлива не участвует (рис. 8.6, г и д); одно из

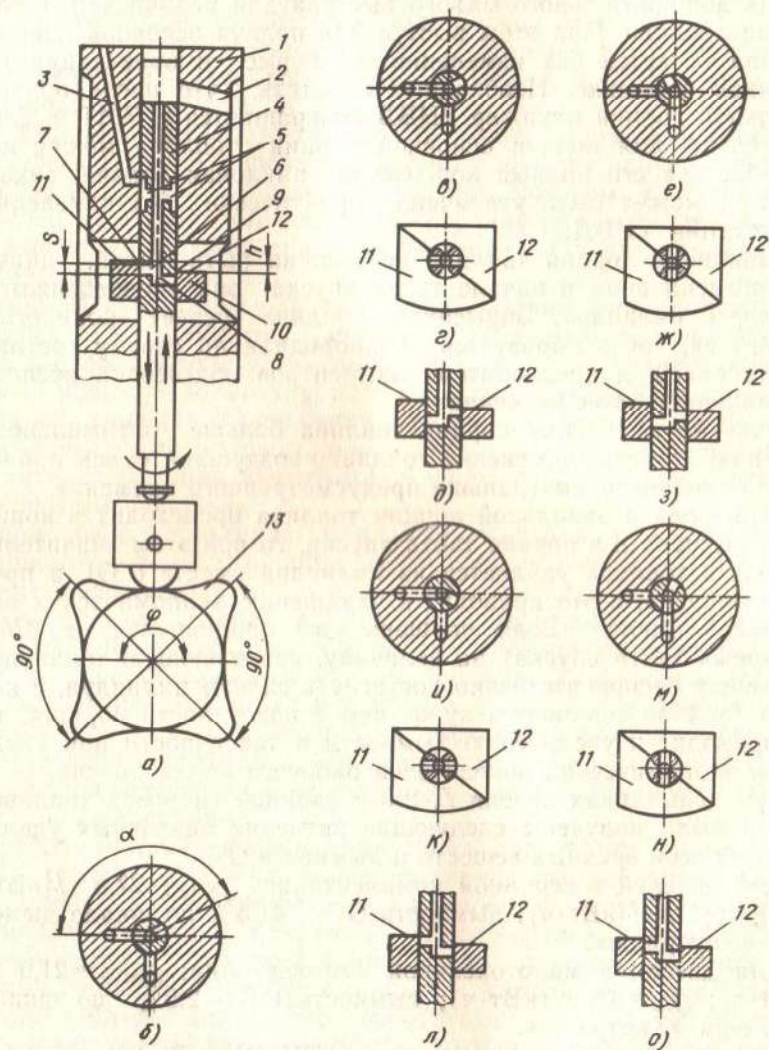


Рис. 8.6. Топливный распределительный насос двойной топливоподачи: 1 — гильза; 2 — наполнительный канал; 3 — нагнетательный канал; 4 — плунжер; 5 — распределительные окна; 6 — отсечное окно; 7 — верхняя кромка отсечного окна; 8 — дополнительное отсечное окно; 9 — верхняя кромка дополнительного отсечного окна; 10 — дозатор; 11 — верхняя торцевая дозирующая кромка; 12 — нижняя торцевая дозирующая кромка; 13 — кулачковый вал

распределительных окон 5 плунжера располагается напротив нагнетательного канала гильзы, а другое направлено в сторону глухой поверхности, обеспечивая нагнетание предварительной дозы топлива в первый цилиндр (рис. 8.6, в). Для подачи предварительной дозы топлива во второй цилиндр плунжер 4 поворачивается на 90° , тогда взаимное расположение отсечных окон плунжера и торцевых дозирующих кромок дозатора (рис. 8.6, ж и з) аналогично их взаиморасположению при подаче предварительной дозы топлива в первый цилиндр, а одно распределительное окно 5 располагается напротив нагнетательного канала второго цилиндра гильзы, обеспечивая нагнетание топлива во второй цилиндр дизеля. Для подачи основной порции топлива в первый цилиндр плунжер 4 поворачивается на тупой угол α по отношению к своему положению при подаче предварительной дозы топлива в первый цилиндр дизеля (α — угол между моментом закрытия выпускного клапана и, следовательно, моментом начала подачи предварительной дозы топлива и моментом начала подачи основной дозы топлива).

При этом благодаря расположению распределительных окон 5 под тупым углом α одно к другому, второе распределительное окно располагается напротив нагнетательного канала первого цилиндра гильзы 1, а первое направлено в сторону глухой поверхности этой гильзы (рис. 8.6, и).

Основное отсечное окно 6 повернуто в сторону верхней торцевой дозирующей кромки дозатора 11, а дополнительное отсечное окно 8 — в сторону нижней торцевой дозирующей кромки дозатора 12 (рис. 8.6, к и л), причем благодаря равной разнице высот между верхней кромкой основного отсечного окна 7 и верхней кромкой дополнительного отсечного окна 9 и между верхней 11 и нижней 12 торцевыми дозирующими кромками дозатора, отсечка основной дозы топлива происходит одновременно обоими отсечными окнами, обеспечивая резкое падение давления в трубопроводе и форсунке, быструю посадку иглы распылителя на седло и улучшение протекания конечной фазы впрыскивания.

Для подачи основной дозы топлива во второй цилиндр дизеля плунжер поворачивается на 90° , совмещая распределительное окно 5 плунжера с нагнетательным каналом второго цилиндра гильзы (рис. 8.6, м). Взаимное расположение основного и дополнительного отсечных окон верхней и нижней торцевых дозирующих кромок (рис. 8.6, н и о) аналогично их взаиморасположению при впрыскивании основной дозы топлива в первый цилиндр дизеля. Разница между основной и предварительной дозами топлива определяется разностью высот между верхней 11 и нижней 12 торцевыми дозирующими кромками дозатора, которая равна $0,75 \dots 0,95$ максимального активного хода плунжера. При этом предварительная доза топлива равна $10 \dots 30\%$ максимальной цикловой подачи топлива.

Углы α и φ для современных дизелей находятся в диапазоне 155...170°.

Таким образом, конструкция обеспечивает согласование фаз газораспределения дизеля с фазами впрыскивания основной и предварительной доз топлива, лучшую отсечку топлива. Оба эти мероприятия обеспечивают повышение экономичности дизеля.

У современных и перспективных дизелей выпускные клапаны закрываются при 20...25° после ВМТ такта выпуска, а угол опережения впрыскивания топлива равен 20...35° (12...25° по реальному впрыскиванию топлива в цилиндр) до ВМТ такта сжатия. Следовательно, угол между основным и предварительным впрыскиванием по повороту коленчатого вала находится в диапазоне от 340 до 310°, а по насосу — от 170 до 155°.

Для дизеля Д-120, на котором была установлена система двойной топливоподачи при величине дополнительной порции топлива около 15% получено снижение оценочного выброса оксидов азота на 1 г/(кВт·ч), а дымность снижена на 15...18%.

Подача легкого топлива. Целый ряд работ был выполнен по исследованию влияния подачи легкого топлива на впуске тракторных дизелей в МИИСПе.

В результате испытаний по дизельному и бензодизельному процессам установлено, что мощность дизелей с неразделенными КС повышается на 25...30%, вихрекамерных — на 20...25%. Минимальные удельные расходы топлива снижаются при этом на 4...6% и выдерживаются в значительно большем интервале нагрузок, чем при обычной работе дизеля. Температура ОГ дизелей ниже при работе с подачей топлива на впуске, что объясняется меньшими расходами топлива. Для работы дизеля с подачей топлива на впуске установочный угол опережения начала впрыскивания топлива должен быть на 2...3° меньше, чем при работе по дизельному процессу. Для различных типов дизелей оптимальное количество топлива, подаваемого на впуске, различно и должно устанавливаться для каждой модели отдельно (из условий работы и скоростного режима). Имеются сведения о влиянии различных присадок, бензина и ДТ, подаваемого на впуске, на показатели работы и процесс сгорания в дизеле.

При переходе на работу с подачей легкого топлива на впуске уменьшается максимальная усредненная температура цикла. Увеличение процентного выгорания топлива на впуске приводит к снижению доли потерь теплоты в начальный период. Это вызывает увеличение коэффициента активного тепловыделения, что предопределяет более эффективное использование теплоты в цилиндре дизеля в начальный период сгорания основной части топлива.

Анализ нагрузочных характеристик дизеля Д-21А1 показывает, что подача легкого топлива на впуске благоприятно влияет на работу дизеля. Удельный расход топлива снижается и сдвигается в сторону больших нагрузок, создавая возможность форсирования дизеля по нагрузке. Прирост среднего эффективного давления при подаче топлива на впуске составляет для этого дизеля 11...12% в зависимости от частоты вращения. Это соответствует приросту мощности 6...7%. Расход бензина составляет для частоты 1800 мин⁻¹ 23% расхода ДТ или соответственно 0,275 и 1,194 г/с. При сравнении дизельного процесса и процесса с подачей легкого топлива на впуске при одинаковом удельном эффективном расходе мощность дизельного процесса составляет 18,08 кВт, а с подачей легкого топлива — 23,08 кВт (прирост мощности составляет 27,6%).

Интенсивное воздействие подачи легкого топлива на процесс сгорания не может не оказывать влияния на содержание токсичных компонентов в ОГ, особенно NO_x. При этом необходимо учитывать, что снижается установочный угол опережения начала впрыскивания топлива, а это, в свою очередь, благоприятно влияет на снижение содержания NO_x в ОГ.

Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля Д-21А1 при подаче легкого топлива на впуске в зависимости от нагрузки представлено на рис. 8.7, а. Из графиков видно, что содержание NO_x снижается на всех режимах работы при подаче легкого топлива на впуске. На малых нагрузках эффект несколько выше. На номинальной нагрузке снижение содержания

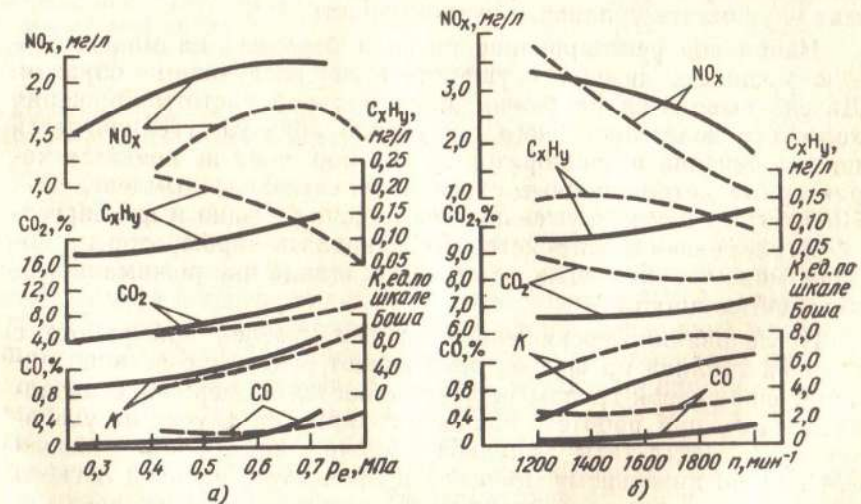


Рис. 8.7. Зависимости содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля Д-21А1 при подаче бензина на впуске в зависимости: а — от нагрузки при $n=1800$ мин⁻¹; б — от частоты вращения; — дизельный процесс; - - - с подачей легкого топлива на впуске

NO_x составляет до 22%. Увеличение содержания в отработавших газах CO₂ и C при подаче легкого топлива на впуске сдвигается в сторону больших нагрузок. Содержание токсичных компонентов дизеля Д-21А1 в зависимости от частоты вращения представлено на рис. 8.7, б. Содержание NO_x как видно из графиков, снижается во всем диапазоне частот вращения, а наибольший эффект наблюдается при 1700...2000 мин⁻¹.

Подача легкого топлива на впуске дизелей не только улучшает процесс физической подготовки смеси, но и влияет на протекание процесса активного тепловыделения, что в значительной мере изменяет условия образования токсичных компонентов в ОГ (в первую очередь NO_x).

Системы подачи топлива на впуске могут быть различными, но наибольшее распространение получили простейшие карбюраторы (типа К-16) без дроссельной заслонки, к которым подводится бензин из специального бака. Возможно применение карбюраторов, аналогичных применяемым для подачи воды во впускной трубопровод, подробно рассмотренных ниже.

Карбюратор устанавливается на впускном трубопроводе дизеля. Расход топлива через такой карбюратор зависит только от разрежения воздуха на впуске, т. е. от частоты вращения коленчатого вала дизеля. Карбюратор оборудуется устройством для начального регулирования расхода топлива вручную. Кроме этого, у рабочего места тракториста необходимо разместить кран для отключения подачи топлива при работе дизеля на холостом ходу и малых нагрузках, так как иначе на этих режимах ухудшается топливная экономичность.

Начальное регулирование расхода бензина на максимальную мощность дизеля осуществляется следующим образом. Дизель выводится на режим максимальной частоты вращения холостого хода, после чего постепенно вручную увеличивается подача бензина в карбюратор до тех пор, пока не появятся характерные детонационные стуки и значительное дымление ОГ. После этого немного уменьшается подача бензина и фиксируется регулировочное устройство. Регулировать карбюратор на подачу можно с помощью тормозного стенда на режиме номинальной мощности.

Исследования, посвященные износу дизелей при работе с подачей топлива на впуске, показывают, что износ деталей цилиндропоршневой группы не увеличивается. Содержание металла в масле при работе с подачей топлива на впуске не увеличивается. Результаты анализа масла при работе дизеля СМД-14 по дизельному процессу и процессу с подачей легкого топлива на впуске в стендовых условиях представлены в табл. 8.5.

Влияние подачи легкого топлива на изнашивание дизеля Д-141 по результатам 120-часовых стендовых испытаний приведены в табл. 8.6.

Таблица 8.5

Сравнительные данные анализа масла

Показатели	Свежее масло		Масло после работы	
	Дизельный процесс	С подачей легкого топлива на впуске	Дизельный процесс (163 ч)	С подачей легкого топлива на впуске (180 ч)
Кинематическая вязкость, мм ² /с	10,35	9,92	14,26... ...13,63	10,85
Зольность нефильтованного масла, %	0,23	0,275	0,25...0,29	0,271
Механические примеси, %	0,023	—	0,083	0,246
Содержание металла в 100 г масла, г	—	—	0,0074	0,0078

Таблица 8.6

Результаты стендовых испытаний дизеля Д-141 на износ

Показатели	Условия испытаний	
	Дизельный процесс (n=2000 мин ⁻¹)	С подачей легкого топлива на впуске (n=1850 мин ⁻¹)
Загрязненность ЦПГ, баллы	9,53	7,45
Износ деталей дизеля, г	1,36	1,2
Масса отложений в центрифуге, г	112,9	95,2
Увеличение кинематической вязкости картерного масла, мм ² /с	2,5	1,1
Увеличение кислотного числа масла, мг/г	1,64	1,68
Щелочное число масла к концу испытаний, мг/г	2,7	2,8

Износ деталей и их загрязненность при подаче легкого топлива на впуске ниже, чем у дизельного процесса. Эксплуатационные испытания подтвердили результаты стендовых испытаний. Подача легкого топлива на впуске дизеля Д-21А1 трактора Т-25А не изменяла содержания продуктов изнашивания в масле. Физико-химический анализ картерного масла показал, что в период испытаний дизелей с подачей легкого топлива на впуске температура вспышки, кинематическая вязкость не изменяются по сравнению с контрольным; загрязненность масла ниже, чем у контрольного дизеля. При наработке 240 моточасов снижение составило 20...25 баллов. Разборка дизелей после этой наработки показала, что днища поршней, головки цилиндров, верхние пояса гильз цилиндров дизеля с подачей легкого топлива на впуске имеют меньшее количество нагара, чем аналогичные детали контрольного дизеля.

В целом можно отметить, что, несмотря на увеличение номинальной нагрузки (до 25%), при работе дизеля с подачей легкого топлива на впуске износ деталей равен или ниже износа деталей двигателей, работающих по дизельному процессу; кроме того, снижаются расход масла на угар, количество нагара на поршне и головке цилиндра, количество отложений в центрифуге.

Подача дизельного топлива. На практике при работе дизелей на различных топливах возникают определенные трудности. В связи с этим представляет интерес исследование снижения токсичности ОГ при подаче ДТ на впуске дизеля.

Из результатов проведенных экспериментов видно, что при заводской регулировке $\theta = 17^\circ$ подача топлива на впуске приводит к снижению содержания NO_x в ОГ на 30...40% при давлении до 0,38 МПа. При этом увеличение количества ДТ, подаваемого на впуск, интенсивнее снижает его. При подаче 30% ДТ на впуск и при давлении больше 0,4 МПа наблюдается ухудшение экономических показателей дизеля, а его работа сопровождается появлением характерного стука — признака детонационных явлений. Уменьшение установочного угла опережения начала впрыскивания топлива приводит к снижению общего уровня концентрации NO_x в отработавших газах. При этом практического влияния на содержание NO_x в ОГ и удельный расход топлива подача ДТ на впуске не оказывает. Некоторое улучшение экономичности и снижение содержания NO_x в ОГ характерно для подачи на впуске 10...20% ДТ. Увеличение его подачи до 30% приводит к снижению удельного расхода топлива, но при этом возрастает содержание NO_x в отработавших газах. Уменьшение установочного угла опережения начала впрыскивания топлива до 11° приводит к дальнейшему снижению общего уровня концентраций NO_x в ОГ. Влияние подачи ДТ на впуске здесь весьма незначительно — уменьшение содержания NO_x в ОГ не превышает 18%. Одновременно увеличивается удельный расход топлива.

Следует иметь в виду, что при работе дизеля с подачей ДТ на впуске концентрации C_xH_y и СО в ОГ возрастают в 2...3 раза, а сажи — практически не меняются.

Подача воды в цилиндры. Такой способ начал применяться еще на заре двигателестроения. Воду в цилиндры подавали в основном для снижения температуры деталей и увеличения детонационной стойкости. Целый ряд советских тракторных двигателей работали с использованием воды.

Существует достаточное количество способов подачи воды в цилиндры ДВС, основные из которых представлены на рис. 8.8. Наибольшее применение нашли следующие способы: подача водно-топливных эмульсий (ВТЭ) с помощью стандартной топливной аппаратуры; подача воды во впускной трубопровод с помощью карбюратора и форсунки.

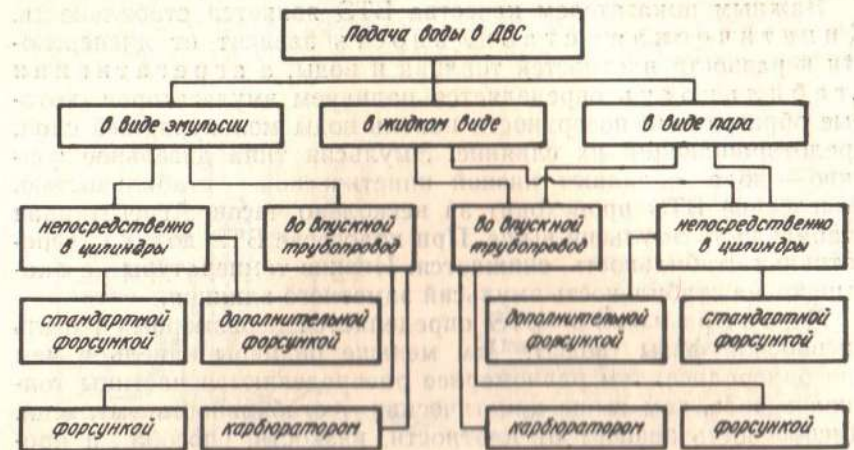


Рис. 8.8. Способы подачи воды в цилиндры ДВС

Подача водно-топливных эмульсий. Использование ВТЭ не требует значительных конструкционных переделок дизеля. В автотракторных дизелях они не нашли широкого применения, хотя этот способ имеет целый ряд преимуществ. Максимальное содержание воды в эмульсии обычно не превышает 35% по массе. При применении ВТЭ качественно улучшаются процессы смесеобразования и сгорания топлива. Снижается теплонапряженность деталей дизелей, создаются предпосылки для форсирования дизеля по мощности до 25% без заметного повышения температуры деталей. При применении эмульсии уменьшается уровень нагара- и лакообразования, уменьшается расход масла на угар. Применение эмульгированных топлив не вызывает увеличения изнашивания и коррозии деталей, существенно снижается дымность и токсичность ОГ (до 60% вследствие снижения содержания СО).

Водно-топливные эмульсии представляют собой дисперсную систему, состоящую из капелек жидкости (дисперсной фазы), распределенных в другой жидкости (дисперсионной среде). В дизелях применяются обратные эмульсии типа «вода в масле», которые исключают контакт металлических поверхностей топливной аппаратуры и стенок трубопроводов с ними. В состав эмульсии для облегчения ее образования и повышения стабильности добавляются поверхностно-активные вещества — эмульгаторы. В качестве эмульгаторов применяются мазут (1...2%), низшие спирты (менее 5%) и их сложные эфиры (0,05...5%). Вязкость эмульсий обычно выше вязкости исходного топлива, а с увеличением содержания воды вязкость эмульсий возрастает.

Важным показателем качества ВТЭ является стабильность. Кинетическая стабильность зависит от дисперсности и разности плотностей топлива и воды, а агрегативная стабильность определяется наличием эмульгаторов, которые образуют на поверхности капель воды молекулярный слой, предотвращающий их слияние. Эмульсии типа дизельное топливо — вода обладают низкой кинетической стабильностью. Расслоение ВТЭ происходит за несколько часов. Агрегативная стабильность эмульсий выше. При подогреве ВТЭ до 50°C агрегативная стабильность снижается. Низкие температуры не оказывают на стабильность эмульсий заметного влияния.

Дисперсность ВТЭ определяется размерами капель дисперсной фазы (воды). Чем меньше размеры капель и чем они однороднее, тем равномернее распределяются частицы топлива в воде, тем выше кинетическая стабильность эмульсии. Дисперсность зависит от плотности, вязкости, способа и продолжительности диспергирования. Средний диаметр капель дисперсной фазы может меняться в пределах от 4 до 20 мкм.

Ведутся работы по созданию высокостабильных ВТЭ на основе подбора эффективных диспергаторов и стабилизаторов с размером частиц от 1 до 3 мкм, что позволяет создавать концентрированные ВТЭ с содержанием воды до 50...55%. С увеличением содержания воды плотность и вязкость эмульсий возрастают, поверхностное натяжение увеличивается, температура застывания и вспышки повышается, удельная теплота сгорания понижается, а показатели токсичности и дымности дизелей улучшаются.

Установки для получения ВТЭ должны быть просты и надежны. Могут применяться механические мешалки, коллоидные мельницы, струйные диспергаторы, барботажные установки, ультразвуковые и кавитационные установки, гомогенизаторы. Каждая из перечисленных установок позволяет получить эмульсии достаточной дисперсности, хотя размеры частиц различны.

При работе дизелей на ВТЭ дымность ОГ уменьшается в результате влияния водных паров на процесс газификации углерода (сажи). Вода снижает температуру в конце сжатия и среднюю температуру цикла, что снижает содержание оксидов азота в ОГ.

Вода разбавляет горячую смесь, уменьшая относительную концентрацию кислорода, что также способствует уменьшению содержания NO_x в отработавших газах.

На рис. 8.9 представлена схема установки для дозирования компонентов и приготовления ВТЭ высокой концентрации. Благодаря применению эффективных стабилизаторов можно получать эмульсии с агрегативной стабильностью до 50 сут, кинетической — до двух сут.

По результатам испытаний дизеля 14Н 16/17 можно сделать вывод, что для каждого режима его работы характерно соб-

ственное оптимальное количество воды в ВТЭ. При большом содержании воды наблюдалась неустойчивая работа дизеля. При содержании воды в эмульсии до 40% по массе удается

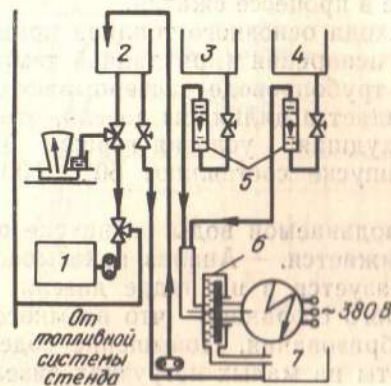


Рис. 8.9. Схема установки для дозирования компонентов и приготовления ВТЭ: 1 — дизель; 2; 3; 4; 7 — баки (эмульсионный, топливный, водяной, промежуточный); 5 — ротаметры; 6 — диспергатор

обеспечить снижение содержания в отработавших газах CO в 5...8 раз, сажи — более чем в 10 раз, NO_x — в 6...8 раз; удельный эффективный расход топлива снижается на 15...18 г/(кВт·ч).

Эффективность применения высококонцентрированных ВТЭ объясняется существенным улучшением процессов смесеобразования и сгорания топлива в присутствии равномерно распределенных по смеси паров воды. Анализ диаграмм тепловыделения показывает, что, несмотря на увеличение почти в 1,5 раза времени подачи топлива и увеличение периода задержки воспламенения, время сгорания топлива меньше на 25...30% п. к. в. Резкое уменьшение количества продуктов неполного сгорания подтверждает отсутствие догорания топлива. Уменьшение содержания NO_x в ОГ связано со снижением на 200...300°С максимальной температуры в КС. Термометрирование поршня при работе дизеля на ВТЭ с содержанием воды, равным 50%, показало снижение средней температуры в районе первого поршневого кольца на 10...15°С. Все это приводит к повышению надежности деталей дизеля.

Подача воды во впускной трубопровод. При подаче воды во впускной трубопровод дизеля достигнуты лучшие показатели (особенно по снижению содержания NO_x в ОГ), чем при применении ВТЭ с содержанием воды 10...30%. Это объясняется тем, что при таком методе возможна подача воды в 2, 3 и более раз, превышающая подачу ДТ. Вместе с тем метод требует лишь установки карбюраторов, дополнительного бака для воды и при необходимости системы регулирования. Он может с успехом применяться на уже эксплуатируемых дизелях.

Подача воды во впускной трубопровод также оказывает воздействие на процесс горения углеводородных топлив. При таком способе в рабочем цикле дизеля отводится достаточное время на процессы нагрева частиц воды от деталей цилиндропоршневой группы, ее испарение, участие в процессе сжатия.

Подача воды более 100% расхода основного топлива приводит к тому, что возможности ее испарения (при данной температуре и давлении во впускном трубопроводе) исчерпываются, и часть воды в виде капель попадает в цилиндры дизеля, отнимая тепло у стенок цилиндра, ухудшая условия горения ДТ. Оптимальные подачи воды на впуске составляют 50...100% расхода ДТ.

При увеличении количества подаваемой воды на впуске содержание NO_x в ОГ заметно снижается. Анализ показывает, что основное количество их образуется в цилиндре дизеля в период так называемого быстрого сгорания, что во многом определяет место и время их образования. Повышение содержания NO_x характерно для работы на малых нагрузках дизеля при средней максимальной температуре цикла менее 1300°C . Дальнейшее повышение содержания NO_x по мере возрастания нагрузок до средних связано с увеличением локальных температур и особенно с временем их существования.

При работе дизеля на нагрузках, близких к максимальным, образование NO_x уменьшается вследствие возрастающего дефицита кислорода. При подаче воды в цилиндры дизеля средняя температура цикла снижается на 200°C , что вызывает снижение содержания NO_x в ОГ на всех нагрузках.

Экспериментальные данные показывают, что подача воды даже в значительных количествах не снижает мощности дизеля.

При увеличении частоты вращения эффект от подачи воды уменьшается. Снижение температуры стенок цилиндра, температуры холодного пристеночного слоя приводит к дополнительному образованию CO , C_xH_y . Анализ мощностных и экономических показателей работы дизеля Д-21А1 при подаче воды во впускной трубопровод показывает, что температура отработавших газов снижается на $20...40^\circ$, снижаются коэффициенты η_o и α . Мощностные показатели остаются на уровне дизельного процесса.

Технические вопросы по созданию конструкции для подачи воды во впускной трубопровод могут решаться различными путями с учетом поставленных задач, а также количества подаваемой воды и необходимости создания специальных устройств, позволяющих регулировать подачу воды в зависимости от температуры двигателя и других показателей.

Результаты эксплуатационных испытаний системы подачи воды во впускной трубопровод дизеля ЯМЗ-240 автомобиля БелАЗ-540А при подаче 30...40% воды (по массе) и ее влияние на снижение содержания NO_x в ОГ по относительному вре-

мени ездки представлены на рис. 8.10. При подаче воды на впуске температура ОГ снижается на $20...50^\circ\text{C}$, а выделение NO_x уменьшается в среднем на 30%. Пробег пяти автосамосва-



Рис. 8.10. Результаты эксплуатационных испытаний системы подачи воды: — — без подачи воды; — — — — с подачей воды

лов с системой подачи воды составил от 5 000 до 20 000 км. Проведенный на трех двигателях микрометраж деталей цилиндропоршневой группы при пробеге от 12 000 до 20 000 км снижения долговечности не выявил. Вместе с тем нагарообразование в цилиндрах уменьшилось в 2...3 раза.

Практически такие же результаты получены при эксплуатационных испытаниях на износ деталей тракторов Т-25А с системой подачи воды.

При наработке 240 моточасов загрязненность масла дизеля, работающего с подачей воды на впуске, выше на 20...25 баллов, чем у контрольного дизеля. Разборка дизеля через 240 моточасов показала, что если днища поршней дизеля, работающего с подачей воды на впуске, покрыты равномерным тонким слоем сажистых отклонений, то днища поршней контрольного дизеля покрыты нагаром средней твердости. На головках цилиндров, верхних поясах гильз у дизеля, работающего с подачей воды на впуске, количество нагара также меньше. Масса нагара на комплекте поршней дизеля с подачей воды на впуске составила 4 г (у контрольного дизеля — 8,4 г), т. е. снижалась более чем в 2 раза.

Применение рециркуляции отработавших газов. Под рециркуляцией ОГ понимается такой способ работы ДВС, при котором искусственно увеличивается доля остаточных газов. Это достигается либо регулированием фаз газораспределения, либо соединением впускного и выпускного трубопроводов рециркуляционным.

В рециркуляционном трубопроводе устанавливается орган регулирования — заслонка 4 (рис. 8.11). На впуск могут воз-

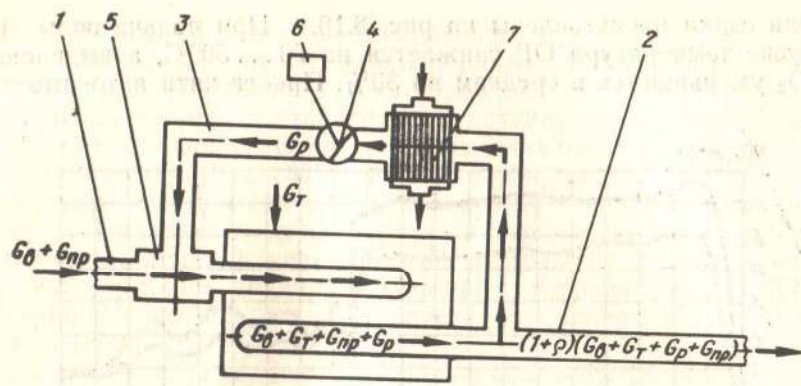


Рис. 8.11. Принципиальная схема системы рециркуляции ОГ: 1 — впускной трубопровод; 2 — выпускной трубопровод; 3 — рециркуляционный трубопровод; 4 — заслонка; 5 — ресивер; 6 — привод заслонки; 7 — охладитель

вращаться как неохлаждаемые ОГ, так и охлаждаемые (так называемые «горячая» и «холодная») рециркуляции.

Рециркуляция влияет на состав отработавших газов как вследствие воздействия на рабочий процесс, так и посредством снижения выброса общей массы ОГ из двигателя в атмосферу, поскольку часть газов возвращается на впуск дизеля.

Наибольшее снижение выброса NO_x на единицу степени рециркуляции наблюдается при повышенных нагрузках. Применение рециркуляции ОГ приводит к запаздыванию начала сгорания и замедлению его развития, что влечет за собой снижение температуры рабочей смеси и сокращение периода поддержания максимальных температур. Основная масса NO_x образуется в первой половине процесса сгорания.

Все перечисленные факторы определяют снижение уровня максимальных температур в диффузионном пламени дизельного процесса.

Применение неохлажденных ОГ эффективно уменьшает выброс NO_x (особенно для дизелей с непосредственным впрыском), но приводит к заметному росту выброса сажи. Анализ имеющихся данных показывает, что применение «холодной» рециркуляции ОГ с точки зрения снижения содержания NO_x и токсичности ОГ дизеля в целом более эффективно. Однако с практической точки зрения конструкция такой системы рециркуляции значительно сложнее и дороже.

Под степенью рециркуляции ρ следует понимать отношение массовой части ОГ, циркулирующих в цикле, ко всему массовому заряду рабочего тела, поступающего в цилиндры дизеля.

$$\rho = \frac{G_p}{G_z}, \quad (8.1)$$

где G_p — массовый расход рециркулируемых ОГ; G_z — массовый расход всего впускного заряда, поступающего в цилиндры.

При этом

$$G_z = G_b + G_{np} + G_T + G_p, \quad (8.2)$$

где G_b — массовый расход воздуха, поступающего в цилиндры из атмосферы; G_{np} — массовый расход присадок (например, воды) к рабочему телу; G_T — массовый расход топлива.

Пренебрегая из-за малости членами G_T и G_{np} , можно получить приближенное соотношение

$$G_z \approx G_b + G_p, \quad (8.3)$$

откуда

$$\rho = \frac{G_p}{G_b + G_p}. \quad (8.4)$$

Применительно к такому дизелю использование широко распространенного понятия коэффициента избытка воздуха, подсчитываемого по формуле

$$\alpha = \frac{G_b}{L_b G_T} \quad (8.5)$$

(здесь L_b — теоретически необходимое количество воздуха, потребного для полного сгорания 1 кг топлива), нельзя рассматривать как правомерное, поскольку в горении топлива, впрыскиваемого в цилиндр, участвует кроме кислорода воздуха также и кислород, содержащийся в циркулирующей части ОГ. Поэтому следует ввести термин «коэффициент избытка кислорода», который обозначается буквой λ (для отличия от α). Этот коэффициент равен отношению количества кислорода, поступающего в цилиндр (G_{O_2}), к количеству кислорода, теоретически необходимому для горения топлива и равному L_{O_2} (здесь обозначено теоретическое количество кислорода, необходимое для полного сгорания 1 кг топлива).

$$\lambda = \frac{G_{O_2}}{L_{O_2} G_T} = \frac{G_{O_2}}{3.35 G_T}. \quad (8.6)$$

Пренебрегая неполнотой сгорания топлива, с достаточной для практических расчетов точностью можно принять

$$\lambda = \frac{G_b \cdot 0.23 - \rho G_T L_{O_2}}{(1 - \rho) G_T L_{O_2}}, \quad (8.7)$$

$$\lambda = \frac{\alpha - \rho}{1 - \rho}. \quad (8.8)$$

При практическом использовании для подсчета избытка кислорода необходимо знать расходы воздуха и топлива, а также

степень рециркуляции ОГ. При измерении расхода рециркулирующей части ОГ прямым методом могут применяться расходомерные устройства, например ротационные счетчики, сопла или диафрагмы. В практике для определения степени рециркуляции применяется выражение

$$\rho \approx \frac{t_{см} - t_{в}}{t_{р} - t_{см}}, \quad (8.9)$$

где $t_{см}$ — температура смеси газов на выходе из ресивера; $t_{р}$ — температура рециркулируемых ОГ на входе в ресивер; $t_{в}$ — температура воздуха на входе в ресивер.

В ресивере происходит смешение ОГ с впускным воздухом. Точность подсчета степени рециркуляции по формуле (8.9) составляет 5%. Оптимальное регулирование перепуска ОГ должно осуществляться таким образом, чтобы коэффициент избытка кислорода в цилиндрах дизеля на любых режимах работы был достаточно велик (около 2...2,5) и постоянен для обеспечения процесса нормального горения. Такому требованию практически отвечает линейная зависимость степени рециркуляции от нагрузки.

Результаты испытаний по определению влияния рециркуляции неохлаждаемых ОГ на токсичность дизеля Д-240 свидетельствуют о том, что для всех частот вращения коленчатого вала двигателя увеличение степени рециркуляции на различных нагрузочных режимах приводит к тем большему снижению концентрации NO_x , чем выше нагрузка дизеля. Концентрация NO_x на холостой частоте вращения практически не изменяется. Однако выбросы как NO_x , так и всего количество ОГ в атмосферу уменьшаются пропорционально ρ .

Концентрации CO и C_xH_y по мере увеличения ρ сначала остаются постоянными, а затем, начиная с его определенного значения, зависящего от нагрузки дизеля, резко возрастают.

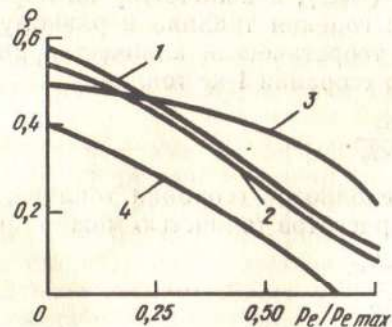


Рис. 8.12. Различные законы управления рециркуляцией ОГ: 1; 2; 3 — возможные варианты; 4 — рекомендуемый закон

При разработке практических рекомендаций по управлению системой рециркуляции ОГ необходимо учитывать также влияние атмосферных условий, состава топлива, наработки двигателя, технологических допусков, быстродействия системы рециркуляции, тепловой инерционности элементов системы и двигателя и др. С учетом этого в качестве оптимального для исследованного дизеля и ряда других предлагается использовать закон управления рециркуляцией 4 (рис. 8.12).

Численная оценка найденного закона по методике 13-ступенчатого цикла США дана в табл. 8.7, из которой следует, что

Таблица 8.7

Влияние закона управления рециркуляцией на токсичность ОГ дизеля Д-240

Варианты выбросов	Оценочные удельные выбросы		
	NO_x	CO	C_xH_y
Выбросы без рециркуляции, г/(кВт·ч)	12,7	12,4	2,08
Выбросы с рециркуляцией, г/(кВт·ч)	8,85	11,6	1,66

применение выбранного закона управления рециркуляцией ОГ двигателя Д-240 обеспечивает снижение суммарного выброса NO_x на 30,4%, C_xH_y — примерно на 20%; CO — на 6,3%. При этом экономические показатели ухудшаются не более чем на 2...3%.

Таким образом, применение систем рециркуляции ОГ на дизелях позволяет эффективно уменьшать токсичность ОГ по оксидам азота.

При менее жестких требованиях по токсичности может быть достигнуто снижение выброса в атмосферу всех токсичных компонентов, а при более жестких — резкое снижение выброса NO_x при сохранении или даже увеличении выброса в атмосферу CO и C_xH_y , а также при возможном увеличении дымности ОГ и ухудшении топливной экономичности.

Применение рециркуляции ОГ облегчает пуск двигателя в условиях низких температур, при пониженных степенях сжатия, связанных с форсированием двигателя. После пуска дизеля система рециркуляции может быть отключена.

Основной вопрос, который необходимо решить при оборудовании дизеля системой рециркуляции ОГ, — разработка автоматически регулируемого привода, изменяющего закон управления перепуском отработавших газов в зависимости от режима работы дизеля. В качестве привода известны и могут быть применены различные механические, гидравлические, пневматические, электронные системы регулирования и их комбинации.

8.2. Снижение токсичности ОГ бензиновых двигателей

Малотоксичные рабочие процессы. Последовательное ужесточение стандартов за рубежом заставило фирмы — изготовители бензиновых ДВС в первую очередь реализовать все практические возможности по совершенствованию рабочего процесса. Дальнейшее ужесточение стандартов может быть обеспечено в большинстве случаев только дополнительной установкой в системе выпуска систем очистки — окислительных и бифункциональных. Однако работы по дальнейшему совершенствованию рабочего процесса продолжают весьма активно.

Из способов совершенствования рабочих процессов основными являются перечисленные ниже.

Интенсификация электрозажигания. Для повышения энергии искрового разряда и увеличения крутизны фронта нарастания высокого напряжения между электродами свечи используются транзисторные или тиристорные схемы зажигания, а для стабилизации условий зажигания применяются бесконтактные электронные прерыватели вместо механических.

Завихривание рабочего заряда. При его осуществлении создаются условия, благоприятствующие более быстрому и стабильному развитию начального очага пламени. Практически достигается обеспечением тангенциального направления впускных патрубков или их выполнением в форме улитки.

Впрыск топлива. При впрыске топлива во впускные патрубки каждого цилиндра обеспечивается (по сравнению с карбюраторными системами) большая равномерность распределения расхода бензина по цилиндрам, исключается время, необходимое для стабилизации топливной пленки на стенках впускного тракта, увеличивается коэффициент наполнения (вследствие поступления более холодной смеси в цилиндры и отсутствия подогрева впускного трубопровода), а следовательно, и максимальная мощность двигателя. Обеспечивается равномерность не только распределения топлива между отдельными цилиндрами, но и между последовательными циклами работы двигателя. Это позволяет снизить содержание СО и C_xH_y в ОГ на основных эксплуатационных режимах при сохранении прежнего содержания оксидов азота. В настоящее время из всех систем топливоподачи этот прием наиболее распространен среди зарубежных фирм — производителей бензиновых ДВС.

Изменение способа дросселирования. Обеспечивается изменением высоты подъема клапана с помощью кулисного устройства. При работе ДВС при малых нагрузках и на режимах холостого хода посредством дросселирования впускного потока удается достигнуть существенного увеличения скорости и воспроизводимости сгорания. При этом скорость смеси на входе в цилиндр приближается к скорости звука, что

вызывает интенсивную турбулизацию заряда и расширяет пределы возможного обеднения смеси.

Расслоение заряда. Это достигается специально формируемым распределением топлива в камере сгорания, при котором в зоне свечи зажигания образуется обогащенная смесь, а в остальном объеме — обедненная. Способы расслоения заряда могут быть различными.

В двигателе Тексако легкое топливо впрыскивается в камеру сгорания в направлении движения воздушного вихря. Пары топлива воспламеняются расположенной на некотором расстоянии от форсунки свечой (рис. 8.13). Такой прием создает условия для формирования стационарного факела пламени в КС в течение всего периода впрыскивания топлива.

При организации рабочего процесса в двигателе Вицкого (рис. 8.14) топливо впрыскивается в КС под некоторым углом против направления воздушного вихря. Капли и пары топлива скапливаются в центре КС, где воспламеняются обычной свечой.

Процессы смесеобразования и сгорания в двигателе Будри (рис. 8.15) обеспечиваются посредством подачи через один и тот же впускной клапан по основному каналу — чистого воздуха, а по дополнительному каналу малого сечения — сильно обогащенной карбюрированной смеси, которая после частичного перемешивания с основным воздушным потоком увлекается им в зону свечи.

Приведенные способы расслоения заряда не отличаются стабильностью протекания процессов. Вместе с тем достижение умеренной степени расслоения заряда, при которой в зоне свечи формируется обогащенная смесь, а в удаленных от нее зонах камеры сгорания — обедненная, но не выходящая за пределы горючести, является желательным. Таким путем расширяются пределы общего обеднения смеси, достигается экономия топлива при частичных нагрузках, снижается содержание СО, C_xH_y и канцерогенных веществ. Работа многоцилиндрового бензинового двигателя при $\alpha > 1,15$ из-за пропусков воспламенения в отдельных цилиндрах нарушается при обычном способе организации рабочего процесса. При осуществлении расслоения заряда обеднение смеси может доводиться до величин $\alpha > 1,3$ (рис. 8.16). При большой степени расслоения заряда и заметном обеднении смеси тормозится образование оксидов азота, что связано на первой стадии сгорания с недостатком кислорода, а на второй — относительно низкой температурой сгорания.

Двигатели с расслоением заряда по конструктивному исполнению разделяются на форкамерные — разделенные (рис. 8.17) и неразделенные (рис. 8.18).

В форкамерных ДВС смесь обогащенного состава формируется и воспламеняется электрической искрой в дополнительной камере.

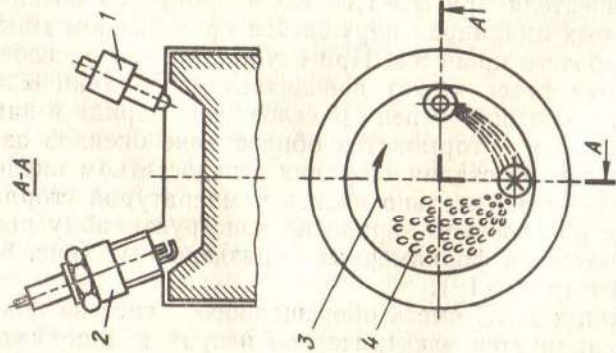


Рис. 8.13. Схема организации смешения и сгорания в двигателе Тексако: 1 — форсунка; 2 — свеча зажигания; 3 — направление движения воздушного вихря; 4 — факел пламени

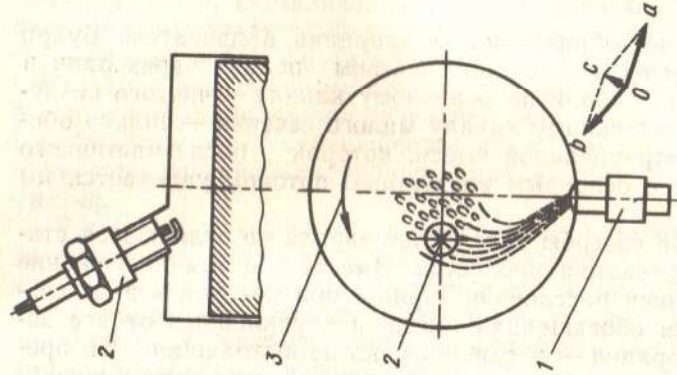


Рис. 8.14. Схема организации смешения и сгорания по способу Викако: 1 — форсунка; 2 — свеча зажигания; 3 — направление движения воздушного вихря; а — направление вихря; б — направление движения вихря; с — направление движения паров топлива

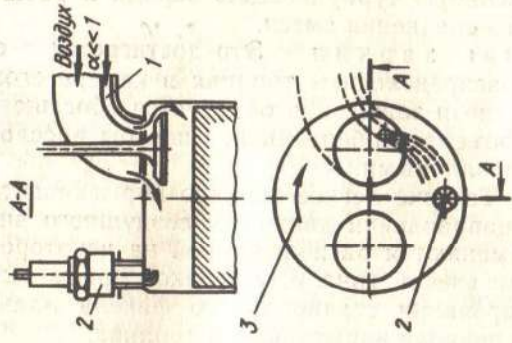


Рис. 8.15. Схема двигателя Будри: 1 — трубопровод богатой смеси; 2 — свеча зажигания; 3 — направление движения вихря

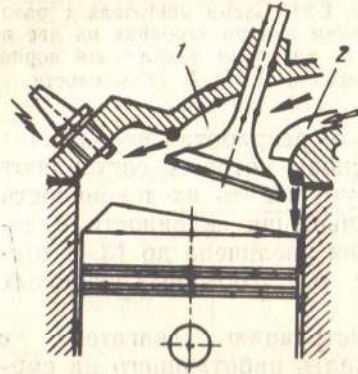


Рис. 8.18. Вариант камеры сгорания с расслоением заряда: 1 — канал подачи основной рабочей смеси; 2 — канал подачи обедненной смеси или воздуха

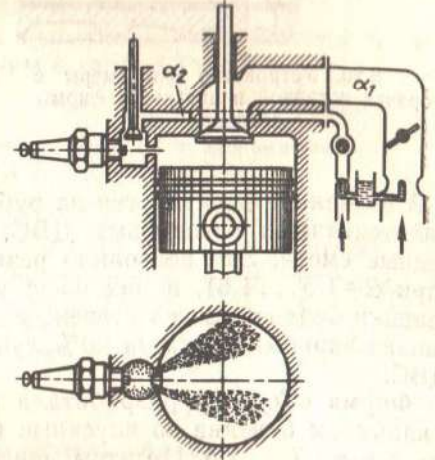


Рис. 8.19. Вариант камеры сгорания с форкамерно-факельным зажиганием

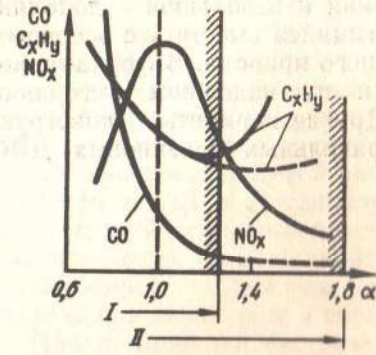


Рис. 8.16. Рациональные пределы обеднения бензовоздушной смеси: I — обычный процесс; II — с расслоением заряда

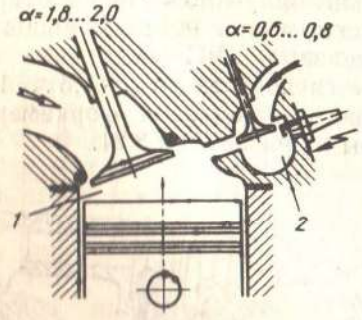


Рис. 8.17. Схема форкамерного двигателя: 1 — основная камера сгорания; 2 — предкамера

Содержание CO в ОГ форкамерных двигателей, как правило, не превышает 0,2%, содержание C_xH_y также невелико.

Форкамерно-факельное зажигание разработано группой ученых в конце 30-х гг. и характеризуется тем, что воспламенение рабочей смеси основной КС осуществляется факелом горящих газов, образующихся при сгорании части обогащенной смеси в особой форкамере, отделенной от основной КС одним или несколькими узкими сопловыми отверстиями (рис. 8.19). Объем форкамеры обычно составляет 3...4% объема КС. В фор-

камере расположены свеча зажигания и небольшой дополнительный впускной клапан, открывающийся вместе с основным впускным клапаном с помощью общего привода. В форкамерно-факельных ДВС обеднение смеси при надежном сгорании удается довести до $\alpha \approx 1,5 \dots 1,6$. Другие варианты конструктивного исполнения форкамерно-факельных бензиновых ДВС даны на рис. 8.20 и 8.21.

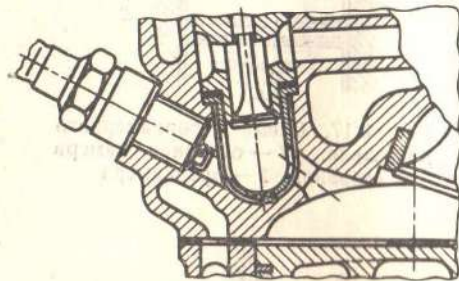


Рис. 8.20. Устройство форкамеры с горячей вставкой в двигателе фирмы «Хонда»

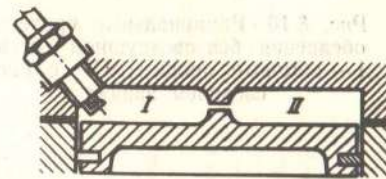


Рис. 8.21. Схема двигателя с разобщением камеры сгорания на две полости во время нахождения поршня вблизи ВМТ: I; II — полости

В последние десятилетия за рубежом разработан целый ряд малотоксичных бензиновых ДВС, основу которых составляют бедные смеси. Это позволило резко уменьшить их токсичность (при $\alpha \approx 1,5 \dots 1,6$), в них из-за уменьшения склонности к детонации бедных смесей степень сжатия увеличена до 13, а топливная экономичность на 20% лучше, чем у обычных искровых ДВС.

Фирма «Тойота» разработала конструкцию двигателя с впрыском бензина во впускные каналы, работающего на смесях с $\alpha = 1,7 \dots 1,8$. На этом двигателе применена система T-LCS. Система впрыска топлива снабжена датчиками давления во впускном трубопроводе, датчиками частоты вращения коленчатого вала, температур охлаждающей жидкости и воздуха на впуске, положения дроссельной заслонки и предназначена для оптимизации количества впрыскиваемого топлива и угла опережения впрыска. Эта система применяется на серийном двигателе 4A-ELU.

Для работы не переобогащенных смесях реализовано три решения.

1. Вместо стандартного кислородного применен оригинальный датчик обеднения смеси, подключенный по схеме обратной связи к микропроцессору.

Характеристика его имеет плавно увеличивающийся выходной потенциал по мере увеличения содержания кислорода в ОГ.

Датчик, выполненный на основе диоксида циркония, имеет специальное покрытие отрицательного платинового электрода.

2. Применен завихритель в виде укрепленной на стержне впускного клапана фигурной заслонки с системой управления. На малых и средних режимах работы двигателя заслонка закрыта, и пуск осуществляется через спиральный участок канала, организующего осевой вихрь в цилиндре.

3. На двигателе установлена система зажигания с повышенной энергией искрового разряда и свеча зажигания с увеличенным искровым промежутком. Восмиразрядный микропроцессор в зависимости от режима работы двигателя регулирует угол опережения зажигания и состав смеси.

При применении системы T-LCS в выпускной магистрали достаточно установка окислительного нейтрализатора для доведения до уровня стандартов выбросов углеводородов.

Конструкция двигателя с такой системой достаточно сложна, поскольку в последней широко используются многие элементы электронного управления.

Результаты сравнительных испытаний этой системы и двигателя в серийном варианте даны в табл. 8.8 и 8.9.

Таблица 8.8

Содержание токсичных компонентов в ОГ и экономичность двигателя с системой T-LCS (по циклу LA-4)

Система	$C_x H_y$, г/км	CO, г/км	NO_x , г/км	Расход топлива, л/100 км
T-LCS	0,137	0,49	0,4	5,97
Серийный вариант	0,112	0,58	0,27	7,02

Таблица 8.9

Содержание токсичных выбросов в ОГ и экономичность двигателя с системой T-LCS (по циклу ECE)

Система	CO, г/испытание	$C_x H_y + NO_x$, г/испытание	Расход топлива, л/100 км
T-LCS	14,6	14,5	7,75
Серийный вариант	33,4	15,6	8,7

Серийно выпускается фирмой «Хонда» (Япония) двигатель Honda CVCC, в котором сформирован турбулентный факел пламени, образующийся при сгорании переобогащенного заряда в форкамере, который обеспечивает качественное сгорание бедной смеси в основной КС.

Ведущими фирмами ведутся работы по созданию двигателей, использующих систему так называемого «быстрого сгорания» и работающих на гомогенной сильно турбулизированной обедненной смеси при интенсифицированном ее поджигании. Повышение скорости сгорания смеси является следствием сокращения пути пламени. Стабильное воспламенение обеспечивается увеличением энергии системы зажигания, повышенной турбулизации заряда и двойного зажигания. Варианты фрагментов таких двигателей приведены на рис. 8.22; 8.23; 8.24; 8.25.

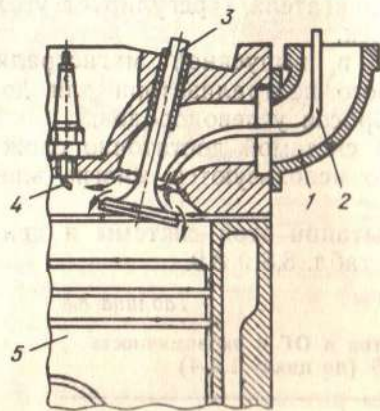


Рис. 8.22. Схема двигателя со смесеобразованием по способу IFP: 1 — трубопровод богатой смеси; 2 — трубопровод бедной смеси; 3 — впускной клапан; 4 — свеча зажигания; 5 — поршень

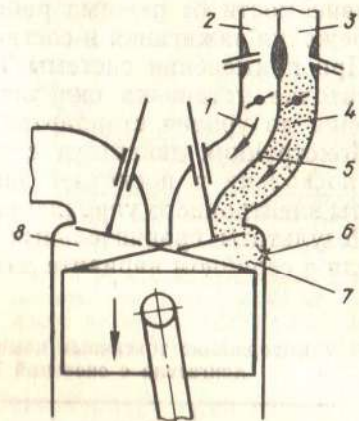


Рис. 8.23. Конструктивная схема двигателя с бесфоркамерным факельным дожигом: 1; 4 — впускные каналы; 2; 3 — камеры карбюратора; 5 — перегородка во впускном канале; 6 — свеча зажигания; 7 — полость богатой смеси; 8 — полость бедной смеси

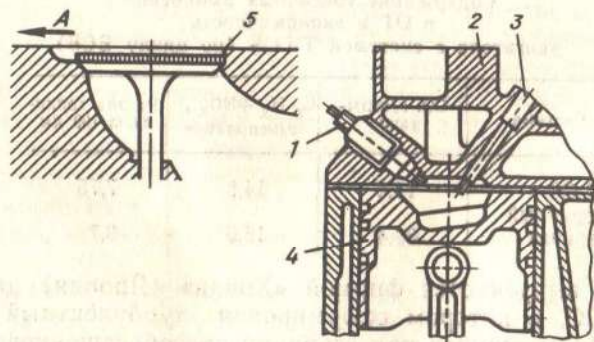


Рис. 8.24. Схема двигателя с FCP-процессом; 1 — свеча зажигания; 2 — головка цилиндра; 3 — форсунка; 4 — поршень; 5 — ширма клапана; А — направление воздушного вихря

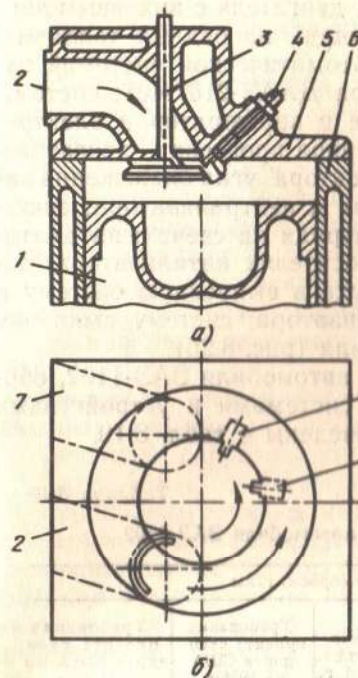


Рис. 8.25. Схема двигателя, работающего по процессу ТСП: а — разрез цилиндра; б — схема расположения свечи зажигания и форсунки; 1 — поршень; 2 — впускной канал; 3 — впускной клапан; 4 — форсунка; 5 — головка цилиндра; 6 — цилиндр; 7 — выпускной канал; 8 — свеча зажигания

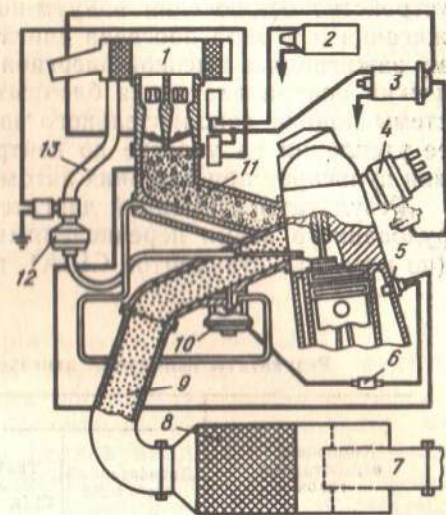


Рис. 8.26. Схема комплексной антитоксичной системы автомобиля особо малого класса для выполнения нормативных требований 1993 года: 1 — воздушный фильтр; 2 — катушка зажигания; 3 — электропневмоклапан; 4 — распределитель зажигания; 5 — термостат; 6 — демпфер; 7 — резонатор; 8 — катализатор; 9 — отработавшие газы; 10 — клапан рециркуляции; 11 — топливно-воздушная смесь; 12 — пульсар; 13 — воздух

Двигатель, работающий по принципу «быстрого сгорания» серийно выпускается также концерном «Форд Мотор Корп.» (США). Он имеет КС в днище поршня и профилированный впускной клапан, обеспечивающий вихревое движение заряда в цилиндре. В этом двигателе выброс CO и C_xH_y обеспечивается в пределах требований стандартов по токсичности ОГ, а выброс NO_x уменьшается за счет применения рециркуляции ОГ.

Необходимо отметить, что малотоксичные рабочие процессы сами по себе без установки на автомобиле системы снижения токсичности ОГ, как правило, не позволяют выполнить требования стандартов по всем нормируемым компонентам.

НАМИ в рамках государственной программы разрабатывает проект автомобиля «Компакт» с комплексной антитоксичной

системой, включающей 10 элементов: двигатель с вихревым движением заряда смеси в КС, работающий на бедных топливно-воздушных смесях, карбюратор с автоматической системой пуска и прогрева (на базе карбюратора ДААЗ-2107-40); системы термостатирования воздуха на входе в карбюратор и электроподогрева впускного коллектора в период прогрева двигателя; устройство отключения вакуум-корректора угла опережения зажигания в период прогрева двигателя и нейтрализатора; систему зажигания с высокой энергией разряда на свечах; каталитический нейтрализатор на блочных носителях катализатора; системы подачи дополнительного воздуха в выпускную систему и ее утепления на участке до нейтрализатора; систему выключения пульсаров при разгонах автомобиля (рис. 8.26).

Результаты испытаний двигателя автомобиля ЗАЗ-1102, оборудованного всеми перечисленными системами и устройствами (по методике стандартов США), приведены в табл. 8.10.

Таблица 8.10

Результаты испытаний двигателя автомобиля ЗАЗ-1102

Компонент отработавших газов	Выбросы, г/км			
	Доработанный МеМЗ-245	Требования стандарта США в 1991 г.	Требования проекта стандарта США на 1994 г.	Требования проекта стандарта США на 2004 г.
Оксид углерода	1,72	2,1	2,1	1,05
Углеводороды	0,23	0,25	0,155	0,075
Оксиды азота	0,67	0,62	0,25	0,125

Подача воды в цилиндры. Способы подачи воды во впускной заряд, в камеру сгорания и в виде водно-топливных эмульсий в бензиновые двигатели широко известны. Ранее они применялись для работы на низкооктановых марках бензина, во время войны — для форсирования двигателей бомбардировщиков при взлете и т. д. С 1960-х годов эти способы изучались с позиций снижения токсичности ОГ.

Добавление воды к топливно-воздушному заряду бензиновых ДВС (как и дизелей) приводит к снижению максимальной температуры сгорания, в результате чего достигается эффективное снижение содержания в ОГ оксидов азота, практически пропорциональное количеству подаваемой в двигатель воды. Однако эти же обстоятельства вызывают увеличенный выброс продуктов неполного сгорания топлива (CO и C_xH_y), а также канцерогенного бенз(а)пирена. По этим причинам использование систем подачи воды в бензиновый двигатель целесообразно только при комплексном применении средств снижения токсичности ОГ, в первую очередь при установке в системе выпуска

окислительного или бифункционального каталитического нейтрализатора.

Необходимо отметить, что несмотря на практический опыт серийного применения систем впрыска воды в СССР в довоенном периоде на тракторах и на самолетах, а в Великобритании в 70-х годах на ряде легковых автомобилей, дальнейшего распространения они не нашли по следующим причинам:

усложнение конструкции двигателя и автомобиля, возникновение проблем с компоновкой;

необходимость оснащения автомобилей системами регулирования, контроля, аварийной защиты;

возможность замерзания систем в зимнее время эксплуатации;

сложность эксплуатации и обслуживания, что неудобно для частных владельцев автомобилей;

снижение коррозионной стойкости деталей двигателя;

удорожание автомобиля;

увеличение выброса канцерогенных углеводородов.

Применение рециркуляции отработавших газов (РОГ).

Большинство зарубежных фирм обеспечивает выполнение требований стандартов по выбросу оксидов азота установкой на легковых автомобилях систем рециркуляции ОГ (в сочетании с другими методами и средствами). Как и для дизелей используются две основные схемы применения систем РОГ: подача ОГ во впускной трубопровод в процессе выполнения и подача ОГ в цилиндры в конце процесса наполнения. Во впускной трубопровод бензинового двигателя отработавшие газы подаются до и после карбюратора. Во втором случае в большей мере сохраняется процесс смесеобразования в карбюраторе.

Количество перепускаемых ОГ регулируется в зависимости от режима работы двигателя (от концентрации оксидов азота в ОГ).

Применение рециркуляции ОГ может приводить к ухудшению процессов сгорания и увеличению содержания в ОГ оксида углерода и углеводородов. При исследовании двигателя ЗИЛ-130Ф (с форкамерно-факельным зажиганием) получено пятикратное снижение содержания NO_x в ОГ без существенного увеличения содержания CO и при повышении расхода топлива не более чем на 1,5% (при 10% перепуска ОГ в систему выпуска двигателя и при охлаждении ОГ до 180...160°С).

Представляют интерес системы рециркуляции ОГ с подачей ОГ в цилиндры в конце процесса наполнения, одна из которых показана на рис. 8.27; она была разработана для двигателя МеМЗ-968. Цилиндры 1 и 4, 2 и 3 соединены попарно трубопроводами рециркуляции 5 при условии смещения тактов рабочего процесса этих цилиндров на 360° п. к. в. Рециркуляционные каналы с отверстиями выполнены в нижней части цилиндров. Они закрываются и открываются в зависимости от поло-

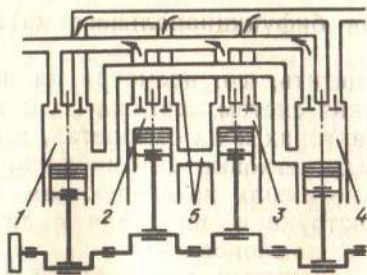


Рис. 8.27. Схема системы рециркуляции ОГ, разработанная для двигателя МеМЗ-968: 1; 2; 3; 4 — цилиндры; 5 — трубопроводы рециркуляции

жения поршней. В них из цилиндра, в котором осуществляется такт расширения, ОГ под высоким давлением поступают в тот цилиндр, в котором заканчивается такт наполнения.

Улавливание паров бензина. Испарение топлива связано с испарениями из топливного бака и карбюраторов в первую очередь. Снижение испарения топлива можно обеспечить исключением нагрева баков элементами выпускной системы двигателя и солнечными лучами, минимизацией отношения площади поверхности испарения топлива к объему бака, установкой перегородок в баке.

Испарение из карбюратора определяется площадью свободной поверхности, температурой стенок, конструкцией главной дозирующей системы карбюратора, наличием или отсутствием термоизолирующих прокладок и экранов, защищающих поплавковую камеру от теплового излучения горячих деталей двигателя. За рубежом часто корпус поплавковой камеры выполняется пластмассовым.

Для исключения топливных испарений все автомобили снабжаются системами улавливания паров бензина (СУПБ), которые должны исключать попадание паров топлива в атмосферу от всех источников испарений, не ухудшать технико-экономические и социально-экологические характеристики автомобиля и двигателя, быть простыми в эксплуатации и иметь срок службы, равный сроку службы основных узлов системы питания.

На практике нашли применение способы улавливания паров бензина в картере двигателя и накопления в адсорберах с поверхностно-активными веществами. Накопленные пары бензина затем либо сжигаются в цилиндрах двигателя, либо подаются в систему выпуска автомобиля для догорания в каталитическом нейтрализаторе.

ЦНИИМом (теперь — Экологическое отделение НАМИ) разработаны СУПБ для всех базовых моделей легковых, грузо-

вых автомобилей и автобусов с бензиновыми двигателями (рис. 8.28). СУПБ состоит из адсорбера 8, заполненного активированным углем, блоков клапанов 1 и 7, жиклера паропроводящей магистрали 9.

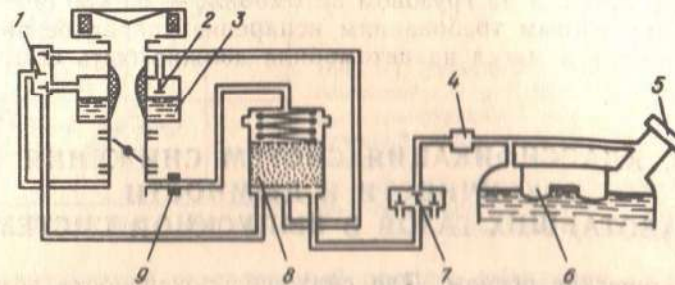


Рис. 8.28. Принципиальная схема системы улавливания топливных испарений: 1 — блок клапанов карбюратора; 2 — клапан для перекрытия балансировочного канала карбюратора; 3 — карбюратор; 4 — пароотделитель; 5 — герметическая пробка; 6 — топливный бак; 7 — блок клапанов топливного бака; 8 — адсорбер с активированным углем; 9 — жиклер паропроводящей магистрали

Адсорбер 8 заполнен поверхностно-активным адсорбентом с высокой поглотительной способностью, имеющим достаточно стабильные характеристики при изменении температуры окружающей среды, эффективную десорбцию (выделение накопленных паров при нагреве) и стабильность работы при многократном повторении циклов адсорбция — десорбция. Он также невосприимчив к атмосферной влаге, имеет высокую механическую прочность.

При работе двигателя происходит регенерация адсорбента за счет продувки его впускным воздушным зарядом. Отвод паров бензина в этот период производится либо в диффузор карбюратора, либо во впускной трубопровод. При работе автомобиля в теплое время года температура бензина в системе питания поднимается до 70°C , что приводит к образованию паровых пробок. Для их устранения впускной клапан блока клапанов 7 регулируется на избыточное давление 1,5 кПа.

Пароотделитель 4 предотвращает попадание жидкой фазы в паропроводящую магистраль. Перекрытие балансировочного канала поплавковой камеры необходимо для исключения попадания паров в атмосферу и их скапливания в горловине карбюратора и впускном трубопроводе.

Такие системы СУПБ практически полностью улавливают топливные испарения. Установка СУПБ на серийные автомобили не оказывает влияния на показатели их топливной экономичности.

В СУПБ только выпускной клапан, отрегулированный на давление открытия в 1,5 кПа обеспечивает снижение количества образовавшихся паров бензина в 3...3,5 раза (бензин остается в топливном баке автомобиля). Использование СУПБ на легковом автомобиле позволяет экономить в среднем 36 г бензина в сутки, а на грузовом автомобиле — до 100 г.

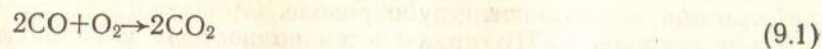
По зарубежным требованиям испарение паров бензина и других топлив и масел на автомобиле должно быть исключено полностью.

9. КЛАССИФИКАЦИЯ СИСТЕМ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ И ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ В ВЫПУСКНОЙ СИСТЕМЕ

Теоретические основы. Для снижения токсичности отработавших газов в выпускной системе автотракторных ДВС дополнительно устанавливаются технические средства, обеспечивающие их физико-химическую очистку. Наиболее перспективным для этого является применение каталитических, термических и жидкостных нейтрализаторов, фильтров, а также других систем и средств снижения токсичности, описанных в этой работе.

Термические нейтрализаторы относятся к типу окислительных устройств, в которых за счет избытка кислорода, имеющегося в ОГ, осуществляется догорание продуктов неполного сгорания топлива, поступающих в систему выпуска из цилиндров. Для догорания CO, C_xH_y альдегидов (RCHO) и других продуктов до конечных безвредных веществ (CO₂ и H₂O) в термическом нейтрализаторе устанавливается реакционная камера, температура ОГ в которой должна быть 650...850° С. В дизелях для сгорания CO, C_xH_y, RCHO и других горючих веществ используется кислород, содержащийся в отработавших газах. Для окисления CO требуются более высокие температуры, чем для окисления C_xH_y. Эффективность процесса сгорания вредных веществ в термическом нейтрализаторе определяется его рабочей температурой, содержанием избыточного кислорода в ОГ, интенсивностью перемешивания ОГ в реакционной камере и ее объемом.

Сущность каталитической очистки ОГ заключается в бесплатном окислении продуктов неполного сгорания топлива на поверхности катализатора, размещаемого в реакторе каталитического нейтрализатора. Так, догорание CO на поверхности катализатора описывается уравнением



В результате догорания CO и других продуктов неполного сгорания топлива образуются конечные безвредные продукты сгорания — CO₂ и H₂O. Перечисленные реакции являются окисли-

тельными, эффективность их в определяющей степени зависит от температуры ОГ (рис. 9.1).

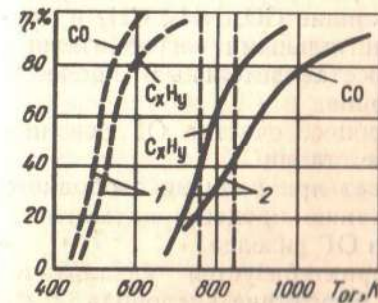


Рис. 9.1. Зависимости эффективности окисления CO и C_xH_y от температуры отработавших газов: 1 — каталитический нейтрализатор; 2 — термический нейтрализатор; ($\eta = (C_1 - C_2)/C_2$), где C₁ — концентрация до окисления; C₂ — концентрация после окисления (очистки)

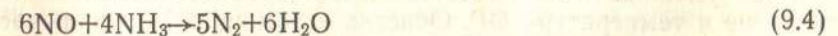
Каталитический гетерогенный процесс окисления CO, C_xH_y и RCHO можно представить в виде пяти отдельных стадий, условно проходящих в такой последовательности: диффузия этих веществ из потока ОГ к поверхности зерна катализатора и внутрь его пор; активная их адсорбция (хемосорбция) на поверхности катализатора с образованием промежуточных поверхностных соединений реагент—катализатор; перегруппировка атомов исходных компонентов ОГ с образованием промежуточного соединения продукт—катализатор; десорбция продукта ОГ (CO₂, H₂O) с поверхности катализатора внутри пор и от поверхности зерна в общий поток ОГ.

Общая скорость суммарного каталитического процесса лимитируется самой медленной стадией. Для получения высокой эффективности очистки дизельных ОГ от CO, C_xH_y и RCHO необходимо, чтобы процесс каталитической очистки проходил при температуре отработавших газов выше 300° С.

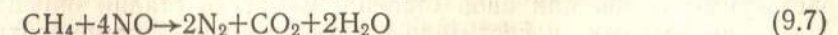
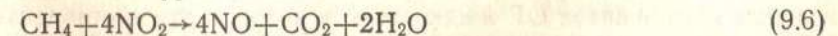
Для очистки от NO_x возможно применение восстановительных катализаторов. Селективное восстановление NO_x может происходить при добавлении в ОГ реагентов (H₂, CO, NH₃). При использовании CO осуществляются реакции



Восстановление NO_x аммиаком происходит при 200...400° С



Возможно также неселективное восстановление NO_x при добавлении в ОГ метана, протекающее при температуре 350...450° С по уравнениям

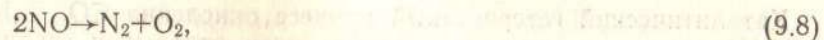


Недостатками перечисленных процессов восстановления NO_x являются сложность регулирования относительно узкого диапазона температур ОГ, при которых осуществляются реакции, а также то, что непрореагировавшие CO , NH_3 , CH_4 и другие добавки сами являются дополнительными загрязнителями атмосферы. При этой причине восстановительные процессы нашли весьма ограниченное применение.

Каталитический гетерогенный процесс очистки ОГ бензиновых двигателей осуществляется в две стадии.

Первая (окислительная) протекает при наличии свободного кислорода в ОГ аналогично протеканию процесса каталитического процесса окисления CO (9.1) в ОГ дизелей.

Вторая (восстановительная) характеризуется каталитическим разложением оксидов азота в отсутствие кислорода



При использовании платино-палладиево-родиевых катализаторов в зависимости от состава газового потока могут идти как окислительные, так и восстановительные реакции. В бифункциональных каталитических нейтрализаторах бензиновых ДВС при богатых регулировках двигателя первая стадия каталитической очистки является восстановительной (разложение оксидов азота по (9.8) и (9.9), а вторая, на том же катализаторе, но после подачи в поток ОГ воздуха, — окислительной (догорание CO и C_xH_y в присутствии образовавшегося кислорода.).

Для организации восстановительной реакции в ОГ дизелей без подачи аммиака, метана и других углеводородов необходимо связывание кислорода из ОГ, что для транспортных ДВС практически нереализуемо.

Отработавшие газы дизелей с точки зрения жидкостной очистки отдельных компонентов состоят из трех групп веществ: мелкодисперсных частиц (сажа, смолистые вещества и т. д.) растворимых в воде компонентов (NO_2 , SO_2 , H_2 , CO_2 , RCHO и т. д.) и плохо растворимых или нерастворимых в воде компонентов (NO , CO , C_xH_y), что определяет диапазон действия жидкостных нейтрализаторов (ЖН). Жидкостная очистка позволяет уменьшить токсичность дизеля, запах, слезоточивое действие и температуру ОГ. Очистка с помощью ЖН включает в себя основные процессы: улавливание мелкодисперсных частиц, адсорбцию, конденсацию и фильтрацию.

Первая стадия — улавливание мелкодисперсных частиц — обеспечивается жидкостью, которая поглощает эти частицы.

Второй стадией (адсорбцией) является процесс поглощения газовых компонентов ОГ жидкостью, в которой эти компоненты растворимы в той или иной степени. Скорость стадии определяется свойствами поглотителя, конкретного компонента,

а также способом соприкосновения фаз (конструкцией ЖН и гидродинамическим режимом его работы).

Третья стадия — конденсация и фильтрация — наблюдается в ЖН при снижении температуры ОГ ниже критической температуры рассматриваемого компонента (в случае насыщенных паров этого компонента), коагуляции (слипания жидких и твердых частиц ОГ) и дальнейшего их задержания с помощью фильтров.

Растворение CO_2 сопровождается диссоциацией образующейся H_2CO_3 по уравнению



При растворении CO_2 в растворах едких щелочей наблюдается химическая адсорбция, которая протекает с большой скоростью до тех пор, пока вся щелочь не перейдет в карбонат. Поглотительная способность щелочного раствора по отношению к CO_2 очень велика.

Оксид азота в воде практически нерастворим, альдегиды же достаточно хорошо растворяются в воде. Однако по мере насыщения растворимость их значительно снижается. Следовательно, хорошая очистка обеспечивается только при частой смене воды. При растворении в воде сернистоокислого натрия и гидрохинона поглотительная способность воды увеличивается. В этом растворе альдегиды (RCHO) поглощаются до 90%, а уменьшение поглотительной способности раствора с увеличением связанных альдегидов не так велико, как в чистой воде. Гидрохинон добавляется для увеличения срока действия сернистоокислого натрия в водном растворе.

В ЖН можно выделить не менее шести механизмов улавливания частиц: гравитационное оседание, центрифужное соударение, инерционное соударение, прямой захват, диффузия и электростатический механизм (будут рассмотрены ниже при описании конструкций жидкостных нейтрализаторов).

Фильтрация — один из старейших способов, нашедший широкое применение для отделения частиц от газа-носителя. Фильтр обычно представляет собой пористую структуру из гранулированного или волокнистого материала, в котором осуществляется механическое отделение твердых частиц (в основном сажи) от ОГ. Применяются также фильтры, на поверхности которых осуществляется процесс сжигания сажи и других продуктов неполного сгорания. В них при температуре около 600°C горение частиц происходит самопроизвольно.

Такая температура нетипична для реальных условий эксплуатации автотракторных и комбайновых дизелей, поэтому предложены многочисленные способы облегчения воспламенения частиц для обеспечения регенерации фильтров при меньшей температуре ОГ. Но при практическом осуществлении этих способов встречаются серьезные трудности.

Характеристики средств и методов снижения токсичности и дымности
обрабатываемых газов

Факторы и мероприятия, влияющие на токсичность	Токсичные компоненты ОГ										Уровень разработки	Ограничения к применению	Рекомендуемые области применения			
	ОГ															
	NO _x	С	СО	С _x H _y	PHCO	SO _x	БП	Углекислоты	У	В						
Малотоксичные рабочие процессы																
Тип рабочего процесса (М, FM, Н и т. д.)	У 2...4	У 2...3	У 2	У 2	—	НИ	—	У 2	У 2	У 2	У 2	В	Внедрен	Не ограничен	Не ограничен	
Разделенная камера сгорания	У 2...3	У 2...3	У 2...3	У 2...3	—	НИ	—	У 2...3	У 2...3	У 2...3	У 2...3	В	»	»	»	»
Технологические особенности	НВ	У 1,5	НУ	НУ	—	НИ	—	НУ	НУ	НУ	НУ	НИ	»	»	»	»
Совершенствование систем впуска, выпуска, топливной аппаратуры	НИ	У 1,6	НУ	У 1,3...1,5	—	НИ	—	У 1,3...1,5	У 1,3...1,5	У 1,3...1,5	У 1,3...1,5	НУ	»	»	»	»
Степень скатания, форма камеры сгорания	У 1,3...2	У 2	У 1,5...2	У 1,5...2	НВ	НИ	—	У 1,5...2	У 1,5...2	У 1,5...2	У 1,5...2	В	Испытания	—	—	»
Регулировка топливной аппаратуры																
Уменьшение максимальной подачи**	НИ	У 2...3	У 2...3	У 2...3	В	—	—	У 2...3	У 2...3	У 2...3	У 2...3	У	Внедрен	Не ограничен	Не ограничен	Не ограничен
Уменьшение угла опережения впрыскивания топлива (зажигания)	У 1,5...2	В 1,5	НИ	В 1,3	—	—	—	В 1,3	В 1,3	В 1,3	В 1,3	В	»	»	»	»
Регулировка фаз газораспределения	У 1,2...1,5	У	У	У	—	—	—	У	У	У	У	У	»	»	»	»
Регулировка параметров топливной аппаратуры	НИ	У 1,5	У 1,5	У 1,5	—	—	—	У 1,5	У 1,5	У 1,5	У 1,5	У	»	»	»	»
Воздействие на рабочий процесс																
Рециркуляция ОГ	У 2...5	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	Внедрен	Отсутствие надежных систем управления	Не ограничен	»
Впрыск воды, применение водно-топливных эмульсий	У 1,3...2	У 1,3	В до 1,5	В 1,3	—	—	В 1,5...3	В 1,3	В 1,3	В 1,3	В 1,3	В	»	Замерзание воды при отрицательных температурах	При положительных температурах	»
Наддув***	У 2	У 2	У 2	У 2	—	—	—	У 2	У 2	У 2	У 2	НУ	»	Не ограничен	Не ограничен	»
Обогащение воздуха на впуске жидким и газообразным топливом	НУ	У 1,5...2	В 1,5	В 1,5	—	—	—	В 1,5	В 1,5	В 1,5	В 1,5	У	Испытания	»	»	»
Двойная топливно-подача	У 1,5...2	У 1,5...2	У 1,5	У 1,5	—	—	—	У 1,5	У 1,5	У 1,5	У 1,5	У	»	»	»	»

Факторы и мероприятия, влияющие на токсичность	Токсичные компоненты ОГ								Юридиче- ская основан- ность*	Уровень разработки	Ограничения к примене- нию	Рекомендуе- мые области применения	
	NOx	С	СО	Сх Нy	RHCO	SOx	БП	Запах					
													У
Жидкостный нейтрализатор	У	У	НИ	У	У	У	У	У	У	НИ	Внедрен	Ограниче- ние при работе при отри- цатель- ной тем- пературе	При поло- житель- ной тем- пературе
	1,1	1,5...4						2...10	2...10				
	НИ	У	У	У	У	НИ	У	У	У	У	»	Не ограни- чен	Не ограни- чен
		1...1,1	3...10	3...10	3...10	НИ	У	У	У	У	»	»	»
Каталитический нейт- рализатор (окси- сительный)	НИ	У	У	У	У	НИ	У	У	У	У	Испыта- ния	»	»
		2...15	НИ	НИ	НИ	У	У	У	У	У	Испыта- ния	»	»
Фильтры	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	Испыта- ния	»	»
Адсорберы	У	У	У	У	У	У	У	У	У	У	Испыта- ния	»	»
	2...25	2...25	2...25	2...25	2...25	2...25	2...25	2...25	2...25	2...25			
Антидажные при- садки	НИ	У	НИ	НИ	НИ	—	—	—	—	НИ	Испыта- ния	Не ограни- чен	Не ограни- чен
		2...3	НИ	НИ	НИ	—	—	—	—	НИ	Испыта- ния	Не ограни- чен	Не ограни- чен

Другие методы

Техническое обслуживание и ремонт двигателя

Увеличение температуры впускного воздуха

Увеличение температуры стенок камеры сгорания

Использование различных топлив

НВ

НВ

НВ

НУ

У

У

У

У

—

—

—

—

—

У

У

У

—

—

—

—

»

»

»

»

* Величина, обратно пропорциональная удельному расходу топлива.

** Уменьшение мощности двигателя.

*** Наддув с охлаждением воздуха или без заметного увеличения мощности двигателя.

Обозначения: У — уменьшение; В — увеличение; НВ — незначительное увеличение; НУ — незначительное уменьшение; У/2 и т. п. — уменьшение в 2 раза и т. п.; В2 и т. п. — увеличение в 2 раза и т. п.; НИ — нет изменений; прочерк — нет сведений.

Классификация систем снижения токсичности и дымности ОГ ДВС. Пока не существует единого универсального средства, обеспечивающего достаточно полное снижение количества вредных выбросов с ОГ. Эта задача может быть решена только применением комплексных методов, включающих в себя малотоксичные рабочие процессы, методы воздействия на рабочий процесс, регулировки топливной аппаратуры, применение систем физико-химической очистки и комплексных методов.

В табл. 9.1. приведены обобщенные данные по их воздействию на каждый из основных токсичных компонентов ОГ и некоторые другие сведения.

Современное состояние работ по снижению токсичности и дымности ОГ характеризуется тем, что наиболее разработанными казались каталитические нейтрализаторы, обеспечивающие определенное улучшение гигиенических характеристик. Это частично связано с тем, что правилами Госгортехнадзора при эксплуатации дизелей в условиях ограниченного воздухообмена применение каталитических и жидкостных нейтрализаторов предусмотрено в обязательном порядке. В то же время использование этих устройств не обеспечивает снижения содержания NO_x . Ряд адсорбентов, например цеолиты, позволяют эффективно очистить ОГ от NO_x , однако для обеспечения этого процесса необходимо обезвоживание ОГ и снижение их температуры до $20 \dots 30^\circ \text{C}$, для чего нужна установка в выпускной системе оборудования, требующего трудоемкого обслуживания.

Поэтому наиболее эффективным является применение устройств, воздействующих на рабочий процесс, которые достаточно полно описаны выше.

Основные требования к системам снижения токсичности. Системы снижения токсичности (ССТ) ОГ и их составные элементы, применяемые как самостоятельно, так и в составе систем, в общем случае должны обеспечивать возможность эксплуатации техники с дизельным приводом в различных климатических зонах при температуре окружающей среды от $+50$ до -60°C , относительной влажности от 20 до 98% и при уклонах машин до 25° (кратковременно).

Противодавление, создаваемое выпускной системой двигателя, оснащенной ССТ, не должно превышать показатель, заданный в паспорте двигателя.

Ресурс ССТ и отдельных ее элементов при отсутствии механических повреждений и соблюдении правил эксплуатации должен быть не менее 160 000 км пробега машины или 4000 моточасов наработки двигателя. Для общих условий система снижения токсичности не должна приводить к ухудшению основных технических характеристик трактора или автомобиля, она должна быть дешевой, относительно простой, иметь оптимальные весогабаритные показатели. Для специальных условий допускается некоторое ухудшение перечисленных показателей, так

как они не могут быть определяющими с точки зрения, например, производительности машины.

Наличие ССТ не должно оказывать значительного отрицательного воздействия на условия эксплуатации, срок службы двигателя, его деталей, элементов топливной аппаратуры и других узлов двигателя.

При эксплуатации ССТ обязательно проведение ее технического обслуживания в соответствии с инструкцией по эксплуатации, а также обусловленного ее установкой на машине.

Конструкция всех элементов ССТ должна допускать осуществление контроля за их работой и обслуживание самой машины или трактора.

Установка ССТ на транспортном средстве не должна нарушать требований техники безопасности и противопожарной безопасности, характерных для условий эксплуатации транспортного средства, что достигается, например, введением защитных экранов и ограждений.

Крепежные узлы, детали, фланцы и другие детали, применяемые в ССТ, должны быть унифицированы.

Система снижения токсичности не должна ухудшать обзор водителей, создавать препятствия для технического обслуживания и движения машины и трактора.

При разработке ССТ должны учитываться основные требования технической эстетики и эргономики.

10. КОНСТРУКТИВНЫЕ ОСОБЕННОСТИ И ОСНОВНЫЕ ПАРАМЕТРЫ СИСТЕМ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ И ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

10.1. Системы снижения токсичности и дымности ОГ дизелей

Каталитические нейтрализаторы. Один из наиболее распространенных методов снижения токсичности дизеля — очистка ОГ с помощью каталитических нейтрализаторов (КН). Дизели работают с коэффициентом избытка воздуха, большим единицы, в их ОГ содержится кислород. Поэтому независимо от типа дизеля и режима его работы в КН при температуре ОГ более 300°C всегда имеются условия для эффективной очистки ОГ от CO , C_xH_y и RCHO .

Независимо от конструкции КН отработавшие газы дизелей проходят через слой катализатора, на поверхности которого при

температуре более 300°С происходит беспламенное каталитическое окисление CO, C_xH_y, RCHO. Эффективность очистки ОГ от этих компонентов колеблется в пределах от 70 до 100%. Для дизелей широкое применение нашли катализаторы ШПК-2 и ШПК-1 на основе платины.

В экологическом отделении НАМИ разработаны КН для ДВС мощностью до 1000 кВт, серийное производство которых освоено промышленностью.

Выпускаемые алюминиево-платиновые катализаторы обеспечивают эффективную очистку ОГ двигателей при наработке 250...500 моточасов, затем их активность снижается, и требуется замена катализатора или регенерация. Учитывая высокую стоимость алюминиево-платиновых катализаторов, дефицит металлов платиновой группы и постоянно возрастающий спрос на нейтрализаторы, целесообразно регенерировать катализаторы, а не менять. Разработан простой и эффективный способ регенерации катализатора методом водной промывки.

Сущность жидкостной регенерации заключается в обработке катализатора водными растворами, которые способствуют удалению частиц сажи и несгоревших углеводородов с его поверхности, а также вымыванию сульфата алюминия. Для интенсификации процесса регенерации можно промывать катализатор горячей водой (температура 50...100°С). Регенерация жидкостным методом обеспечивает 70...98%-ное восстановление активности катализатора.

Наиболее совершенными аппаратами для очистки ОГ принято считать нейтрализаторы с блочным катализатором. Использование блочных катализаторов позволяет достигать в КН по сравнению с гранулированным катализатором меньших объемов и площадей поперечного сечения. Необходимо указать также и то, что уменьшенная масса монолитного катализатора и его высокоэффективная геометрическая площадь поверхности существенно уменьшают время разогрева нейтрализатора при холодных пусках, что является важным положительным качеством.

Существуют два вида катализаторов, полученных нанесением активного компонента на гранулированный (чаще всего сферический) носитель блочной или монолитной структуры. Соответственно различаются и две конструкции нейтрализаторов. Основным достоинством нейтрализаторов с гранулированным катализатором является возможность его замены при необходимости. К числу недостатков нейтрализаторов подобного типа относятся повышенное гидродинамическое сопротивление каталитического слоя.

По всем основным параметрам каталитические нейтрализаторы с гранулированным (шариковым) катализатором (рис. 10.1) находятся на уровне лучших мировых аналогов (табл. 10.1).

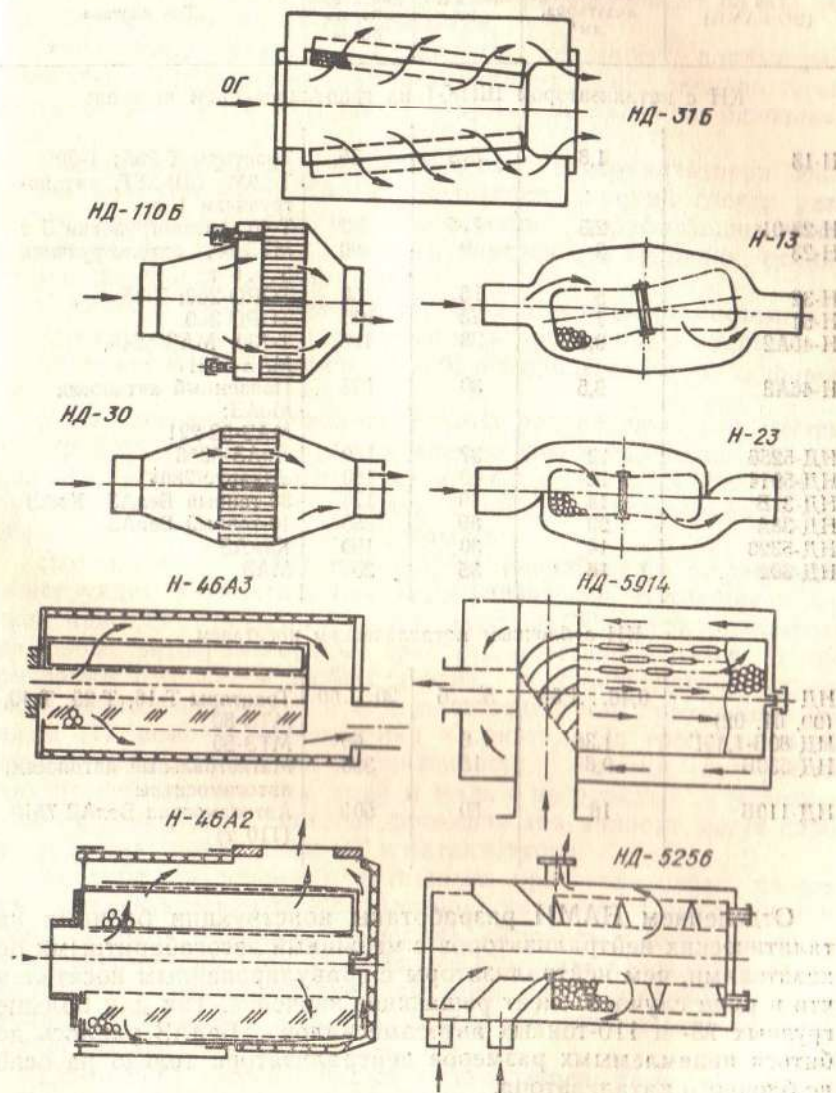


Рис. 10.1. Дизельные каталитические нейтрализаторы

Характеристики некоторых каталитических нейтрализаторов (КН)
очистки отработавших газов дизелей

Тип КН (ЭО НАМИ)	Объем ката- лизаторов, дм ³	Масса КН, кг	Мощность двигателя, кВт, не более	Тип машины
КН с катализатором ШПК-1 на гранулированном носителе				
Н-13	1,8	5,8	35	Тракторы Т-25А; Т-30; Т-16М; СШ-28Т; автопо- грузчики 1 т
Н-23-01	2,5	7,5	50	Т-40; автопогрузчики 5 т
Н-23	3	9	60	МТЗ-80, автопогрузчики 5...6 т
Н-32	5	15	80	ТОРО-200; Т-75
Н-51	7	23	100	ТОРО-350
Н-46А2	9,5	28	135	Т-130; МАЗ-5549; МАЗ-5551
Н-46А3	9,5	30	135	Подземный автопоезд МоАЗ; МАЗ-52-221
НД-5256	12	37	160	ЛиАЗ-5256
НД-5914	12	40	160	«Икарус-280»
НД-31Б	14	49	170	30-тонный БелАЗ; КрАЗ
НД-38А	20	89	250	40-тонный БелАЗ
НД-5320	14	30	190	КамАЗ
НД-602	16	35	300	МАЗ
КН с блочным металлическим носителем				
НД-11 (00, 01, 02)	0,46...1,36	5...6	20...60	Тракторы Т-16, Т-25, Т-40, МТЗ-80
НД-80Б-1,45Г	1,36	6	60	МТЗ-80
НД-530Б	9,6	15	390	Магистральный автопоезд; автосамосвалы
НД-110Б	16	50	500	Автосамосвал БелАЗ-7519 (110 т)

Отделением НАМИ разработаны конструкции блочных каталитических нейтрализаторов с меньшими весогабаритными показателями, чем нейтрализаторы с гранулированным носителем, что в ряде случаев имеет решающее значение. Так для большегрузных 75- и 110-тонных автосамосвалов БелАЗ удалось добиться приемлемых размеров нейтрализатора только на основе блочного катализатора.

В целом срок службы такого нейтрализатора составляет 160 тыс. км пробега автомобиля. В зависимости от типа и состояния двигателя, особенностей эксплуатации машины рекомендуется осуществлять либо жидкостную, либо термическую

регенерацию катализатора. Регенерация катализатора проводится, как правило, или через каждые 20 000 км пробега машины, или через каждые 500 моточасов работы двигателя. Допускается проведение трехкратной регенерации; таким образом пробег машины без замены катализатора составляет 80 000 км или 2000 моточасов работы двигателя.

Выбор типа катализатора зависит от многих параметров (требуемая степень очистки, концентрация сажи, оксидов серы, азота, режима работы машины и др.) и не является однозначным.

Вместе с типорядом каталитических нейтрализаторов Экологическое отделение НАМИ предлагает широкий спектр разработок в области снижения токсичности отработавших газов дизелей и бензиновых двигателей внутреннего сгорания, реализацию следующих мероприятий:

- установка очистительных устройств в выпускной системе;
- перевод дизелей на газообразное и другие виды топлива;
- применение малотоксичных рабочих процессов и регулировок двигателя.

Экологическим отделением НАМИ разработаны ряд систем и устройств, среди которых каталитические нейтрализаторы для дизелей, устанавливаемых на автобусах ЛиАЗ-5256, «Икарус-260»; -280», автосамосвалах БелАЗ (грузоподъемностью 30; 40; 70; 110 т), КрАЗ, МАЗ, КамАЗ.

Экологическое отделение НАМИ разработало современные конструкции каталитических нейтрализаторов, входящих в состав навесных гаражных систем очистки ОГ, устанавливаемых на любые автотранспортные средства, перемещающиеся по территориям гаражей и любых других внутризаводских, складских, животноводческих и т. п. помещений, или проходящие все виды ТО, ремонта, диагностики и обкатки. По требованию заказчика для повышения эффективности очистки при работе двигателей на холостом ходу и малых нагрузках в условиях низких температур, системы снижения токсичности могут снабжаться подогревателями ОГ и катализатора.

За рубежом наиболее активными производителями дизельных каталитических нейтрализаторов являются фирмы «Энгельгард» (США), «Уникат» (Швеция), «Хераус», «Дегуса» и «Уолкер» (Германия). При этом фирма «Уникат» в основном производит КН с использованием катализатора с шариковым носителем, а остальные используют сотовый катализатор на керамической основе.

Основными поставщиками катализатора являются фирмы «Энгельгард» (США), «Элайд Сигнел» (США), «Уникат» (Швеция) и др.

Базовая модель КН фирмы «Уникат» и эффективность очистки ОГ от СО и С_xН_y в зависимости от температуры ОГ приведены на рис. 10.2.

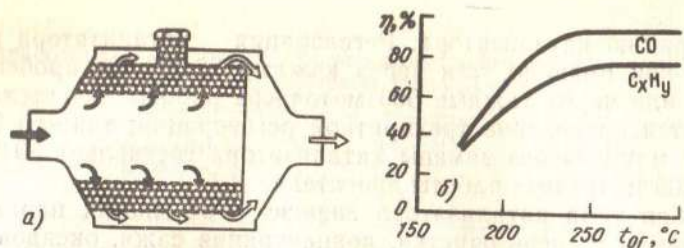


Рис. 10.2. Базовая модель дизельного КН фирмы «Уникат»: а — схема КН; б — зависимость эффективности очистки по CO и C_xH_y от температуры ОГ

Модификации нейтрализаторов фирмы «Уникат» в различных исполнениях представлены на рис. 10.3, они широко используются на двигателях и автомашинах во многих странах.

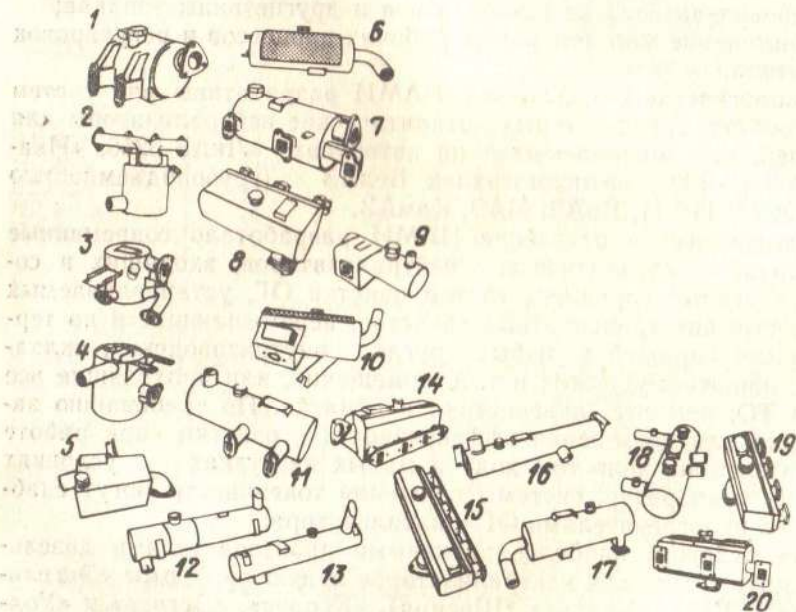


Рис. 10.3. Варианты исполнения КН фирмы «Уникат» и индексы моделей: 1—201025; 2—206000; 3—204108; 4—204237; 5—206001; 6—209000; 7—205000; 8—208000; 9—207001; 10—207000; 11—201026; 12—204154; 13—207002; 14—203001; 15—205001; 16—204238; 17—209001; 18—208001; 19—205002; 20—205003

Эта же фирма производит КН с подогревом отработавших газов и катализатора (рис. 10.4), что позволяет повысить эффективность очистки ОГ на «холодных» режимах работы двигателя (холостом ходе и малых нагрузках).

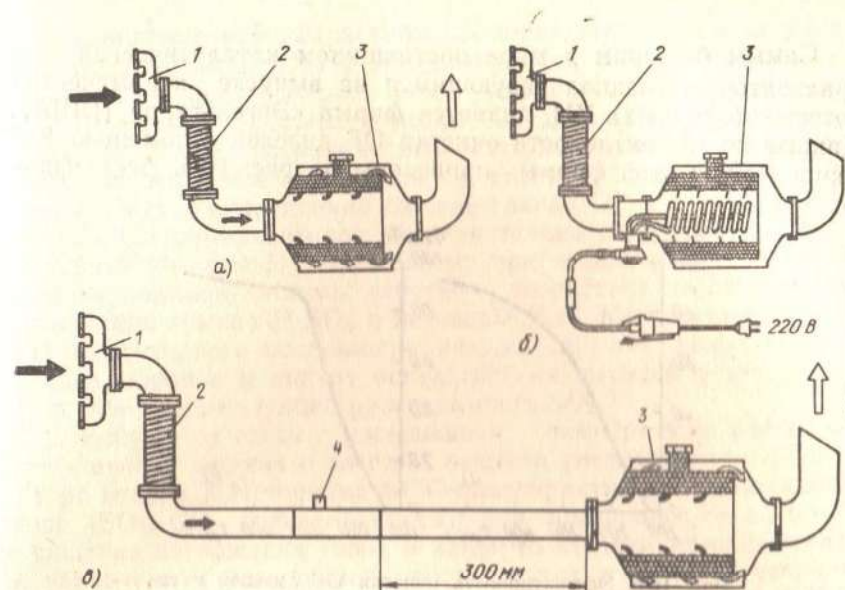


Рис. 10.4. Модификации систем выпуска ОГ дизелей с КН фирмы «Уникат»: а — стандартная система; б — с электроподогревом; в — с подогревом газом или бензином; 1 — выпускной коллектор дизеля; 2 — металлорукав; 3 — КН; 4 — подача газа или бензина

Фирма «Уникат» выпускает также навесные гаражные каталитические нейтрализаторы для установки на транспортные средства (табл. 10.2), которые могут быть снабжены системами электроподогрева до их установки на машине, что позволяет в результате тепловой инерции катализатора получать эффективную очистку ОГ от CO и C_xH_y в течение 5...15 мин после установки на машину (табл. 10.2).

Таблица 10.2

Данные навесных систем очистки ОГ

Артикул	Модель	Объем катализатора, дм ³	Масса, кг	Потребляемая мощность, кВт
300101	Ux2D*	2	9	0,5
300106	Ux2D*			
300109	Ux3D*	4	14	1
300120	Ux7D	7	32	3
300130	Ux14D	14	45	4,5
300140	Ux20D	20	65	4,5

* Может совмещаться с сажевым фильтром.

Самым большим в мире поставщиком каталитических нейтрализаторов, специализирующимся на выпуске керамических сотовых (блочных) КН, является фирма «Энгельгард» (США). Данные по эффективности очистки ОГ дизелей с помощью КН серии РТХ-D этой фирмы приведены на рис. 10.5. Всего фир-

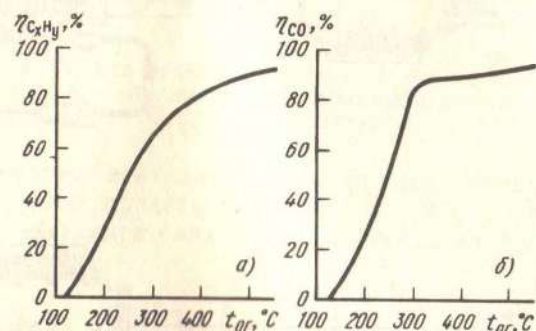


Рис. 10.5. Эффективность очистки ОГ дизелей каталитическими нейтрализаторами фирмы «Энгельгард»

ма выпускает более 300 модификаций КН, некоторые из которых показаны на рис. 10.6.

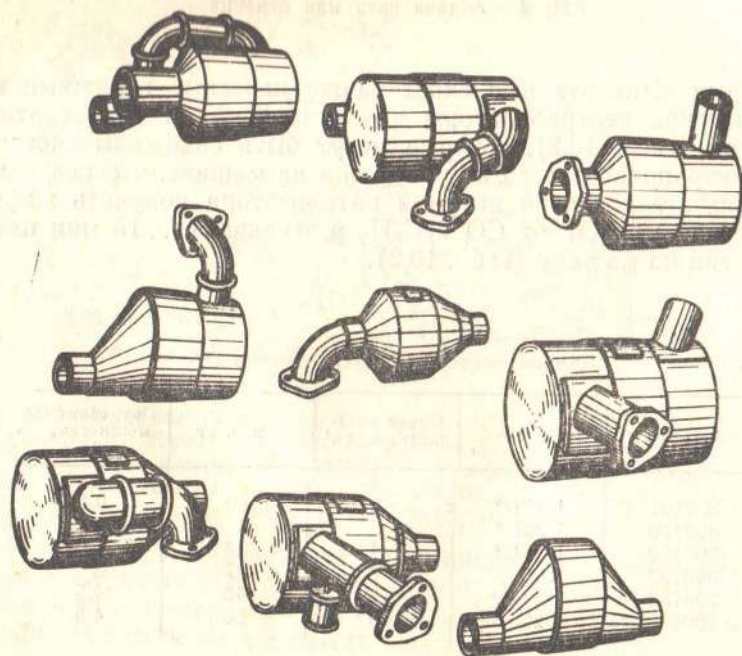


Рис. 10.6. Модификации КН фирмы «Энгельгард»

Жидкостные нейтрализаторы. Заполненный водой жидкостный нейтрализатор (ЖН) интенсивно (на 50...100%) поглощает сажу и бенз(а)пирен, но не улавливает CO , C_xH_y .

Включаемый в систему очистки ОГ дизелей, работающих обычно в местах с ограниченным воздухообменом, каталитический окислительный нейтрализатор стоит по ходу газового потока до ЖН и существенно снижает запах ОГ и содержание в них CO , C_xH_y и альдегидов, но значительно увеличивает выбросы серной кислоты H_2SO_4 . Поэтому при использовании такой комбинированной системы очистки возрастает необходимость поглощения тумана H_2SO_4 с помощью ЖН. Можно ожидать от ЖН эффективного поглощения низших спиртов, фенолов, альдегидов, кетонов и кислот вследствие их высокой растворимости в воде, превышающей растворимость SO_2 .

В отличие от газов с повышением температуры растворимость многих жидких и твердых веществ увеличивается. Температура воды в ЖН порядка $40^\circ C$ благоприятна для поглощения газов (SO_2 , CO_2 , формальдегида); при повышении ее до $90^\circ C$ ухудшение поглощения газов в какой-то степени компенсируется увеличением поглощения паров жидких и твердых веществ их растворением, приближение же температуры воды к $100^\circ C$ приводит к усилению процессов перегонки с паром, мешающих удерживанию растворенных и осажденных веществ.

Конденсация жидких компонентов ОГ дизелей в интервале температур работы ЖН маловероятна из-за их небольших парциальных давлений, которые при охлаждении не могут превысить давления насыщенного пара.

В выпускной системе дизеля имеются благоприятные условия для коагуляции частиц сажи, размер которых увеличивается в выпускном тракте до $0,1 \dots 10$ мкм.

Во всех конструкциях ЖН происходит в той или иной степени брызгоунос. В связи с растворением и химическим связыванием токсичных компонентов унос части нейтрализующей жидкости снижает эффективность работы аппарата.

Простейшее устройство для сепарации и конденсации капель с использованием силы тяжести представляет собой камеру, в которой снижается скорость ОГ. В результате все капли, скорость осаждения которых больше вертикальной скорости потока, будут отделяться. Однако для капель диаметром около 100 мкм требуются значительные размеры сепараторов и фильтров.

В большинстве случаев для сепарации капель из ОГ применяются различные виды насадок, которые устанавливаются на выходе ОГ из ЖН в виде слоя толщиной $80 \dots 200$ мм и более.

В качестве насадок используются жалюзи волнообразного и зигзагообразного профилей, проволочная набивка (диаметр проволоки от 0,07 до 0,4 мм), стружка, шлак, кусковой известняк, активированный уголь, силикагель, керамические кольца,

металлическая «шерсть» и т. д. Известняк и активированный уголь наиболее желательны, так как наряду с сепарацией капель они способствуют дополнительной химической очистке и фильтрации ОГ.

Скорость ОГ, как правило, должна быть 2...3 м/с. При скорости выше расчетной наступает вторичный унос ранее осевших капель.

На рис. 10.7 показаны типичные зависимости для разных классов ЖН применительно к очистным промышленным мокрым

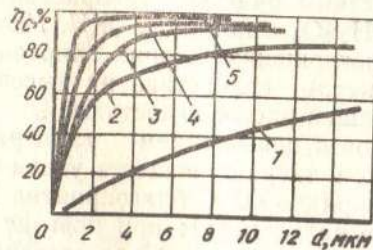


Рис. 10.7. Зависимости эффективности для различных типов пылеулавливателей от диаметра частиц: 1 — высокопроизводительный циклон; 2 — высокоэффективный циклон; 3 — электрофильтр сухого типа; 4 — брызгопромывная колонна; 5 — скруббер Вентури

установкам. Нужно заметить, что эффективность очистки ОГ от сажи сильно изменяется в пределах заданного размера частиц. Представленные данные дают качественную оценку мокрых пыле- и золоулавливателей.

Поскольку в процессе работы применяемые в ЖН растворы насыщаются токсичными компонентами, эффективность очистки в течение рабочей смены снижается.

Жидкостные нейтрализаторы барботажного типа. Подавляющее количество разработанных и эксплуатируемых ЖН относится к типу барботажных с объемными скоростями 500...3700 ч⁻¹. В частности, их применяют на подземном автосамовале МоАЗ-6401-9598, подземных бульдозерах Д-108 и бульдозерах Д-535, на самосвалах «Кируна-трак» (Швеция), погрузочно-доставочных машинах фирмы «Зальцгиттер», подземном дизельном оборудовании США, Франции, Японии, Канады и других стран.

Принцип их действия основан на пропускании ОГ дизеля через слой нейтрализующего раствора (рис. 10.8). Сопротивление перечисленных серийно выпускаемых ЖН составляет от 8 до 10 кПа. Эффективность очистки ОГ с помощью ЖН барботажного типа составляет по альдегидам до 50...100%, по NO_x — до 10...20, по саже — до 10...30%.

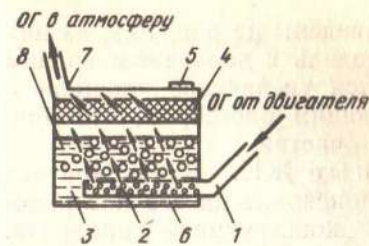


Рис. 10.8. Принципиальная схема жидкостного нейтрализатора: 1 — выпускной трубопровод дизеля; 2 — перфорированная труба; 3 — емкость с нейтрализующим раствором; 4 — фильтр; 5 — заливная горловина; 6 — корпус нейтрализатора; 7 — трубопровод; 8 — уровень раствора

В барботажных ЖН отработавшие газы продуваются через слой нейтрализующего раствора. Если слой жидкости достаточно велик (как правило, он составляет 30...60 см), то ОГ движутся через него в виде отдельных пузырьков. Токсичные компоненты газовой фазы при этом диффундируют к поверхности жидкости, либо в ней растворяются, либо химически связываются. Компоненты жидкой и твердой фаз ОГ, находящиеся внутри пузырьков, сепарируются к поверхности жидкости под действием инерционных сил, обусловленных циркуляцией ОГ внутри пузырька, одновременно происходит охлаждение ОГ, что приводит к снижению гидродинамического сопротивления ЖН. Несмотря на невысокие показатели эффективности по очистке ОГ, они (ввиду относительной простоты при умеренных габаритных данных) нашли наибольшее применение для дизелей.

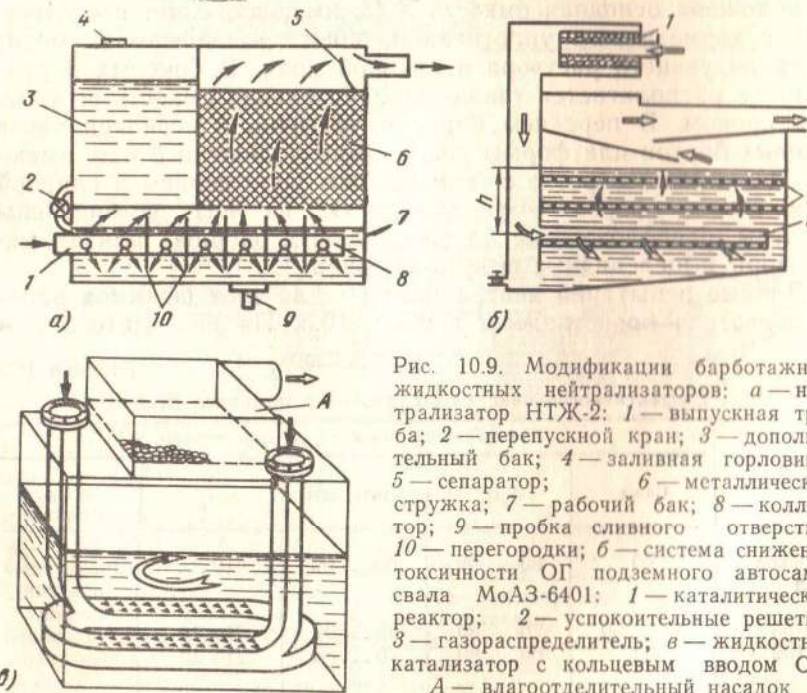


Рис. 10.9. Модификации барботажных жидкостных нейтрализаторов: а — нейтрализатор НТЖ-2: 1 — выпускная труба; 2 — перепускной кран; 3 — дополнительный бак; 4 — заливная горловина; 5 — сепаратор; 6 — металлическая стружка; 7 — рабочий бак; 8 — коллектор; 9 — пробка сливного отверстия; 10 — перегородки; б — система снижения токсичности ОГ подземного автосамовала МоАЗ-6401: 1 — каталитический реактор; 2 — успокоительные решетки; 3 — газораспределитель; в — жидкостной катализатор с кольцевым вводом ОГ: А — влагоотделительный насадок

Некоторые модификации ЖН приведены на рис. 10.9, из них наибольший интерес представляет модель с кольцевым вводом ОГ, у которой в «улитке» достигается увеличение площади и времени контакта ОГ с нейтрализующим раствором, что приводит к повышению эффективности очистки.

Поверхностные и пленочные ЖН. В них контакт ОГ с нейтрализующим раствором происходит на его поверхности, площадь которой определяется конструкцией аппарата. В целом можно отметить недостаточную эффективность такого рода нейтрализаторов и их большие размеры. По этой причине их применяют редко.

Ранее при проектировании машин не учитывалась необходимость снижения токсичности, поэтому установка ЖН на них очень затруднена, а в ряде случаев и вообще невозможна. Для таких машин перспективной является принципиально новая конструкция, в которой реализована идея использования кузова (платформы) машины для размещения ЖН в его двойных стенках днища, боковых и переднем бортах. Такое исполнение позволяет оставить практически без изменения общую компоновку машины и ее габаритные размеры.

На рис. 10.10, а приведена схема такого ЖН на примере автосамосвала БелАЗ-540А. В полостях по всей площади днища, частично в боковых и переднем бортах платформы машины расположена основная емкость ЖН, имеющая заливное отверстие с герметичным уплотнением, кран для контроля уровня нейтрализующего раствора и сливной кран. В боковых бортах и днище располагается также дополнительная емкость со сливным краном. В переднем борту и частично в передней части боковых бортов платформы расположен доливочный бак, имеющий заливное отверстие с герметичным уплотнением и сливной кран. В контрфорсах при выходе ОГ из ЖН установлены фильтры, расположенные на специальных опорных плитах, сепараторы и щелевидные выпускные окна.

Данные испытаний нейтрализатора для трех режимов работы двигателя представлены в табл. 10.3. На рис. 10.10, б и в

Таблица 10.3

Нагрузка %, номинальной	Эффективность очистки ОГ дизеля с помощью ЖН				
	Эффективность очистки по компонентам, %				
	Сажа	C _x H _y	Альдегиды	NO _x	Запах, слезоточивое действие
Холостой ход	90	80...90	80...90	До 10...15	Значительное снижение То же »
50	40...50	70...80	80...90	До 10	
100	20	65...80	70...80	До 10	

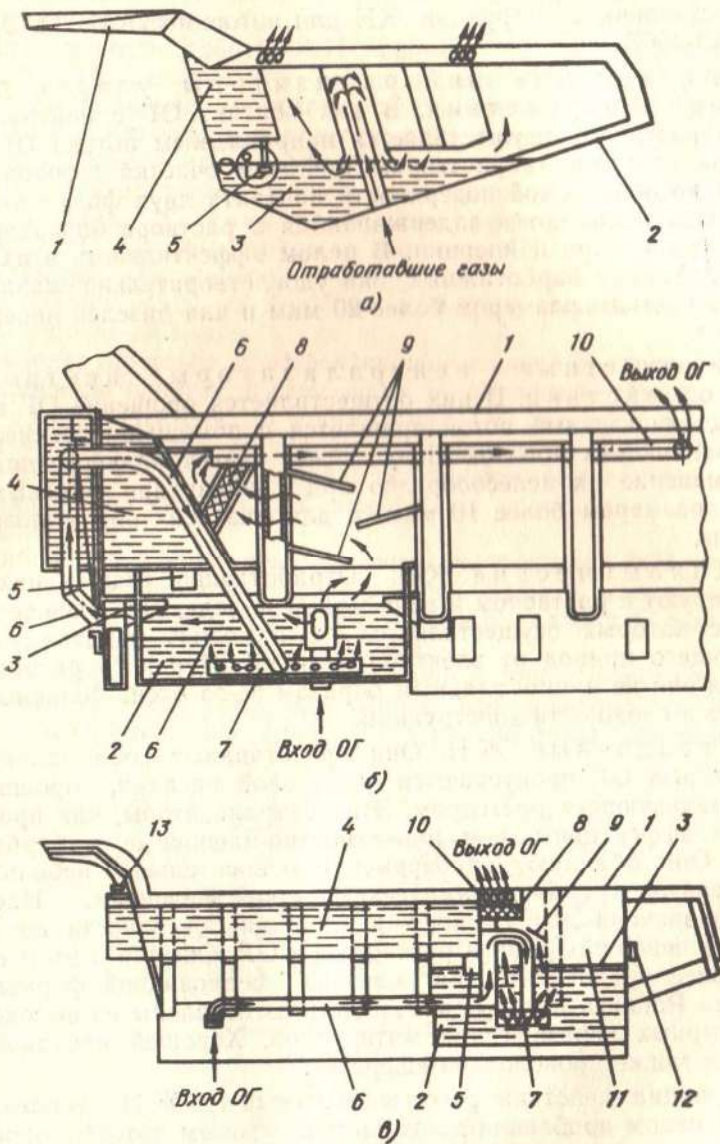


Рис. 10.10. Модификации кузовных жидкостных нейтрализаторов: а — для автосамосвала БелАЗ-540А: 1 — кузов; 2 — емкость; 3 — ресивер; 4 — бак; 5 — трубка; б — для автосамосвала МАЗ-503А: 1 — кузов; 2 — рабочая емкость; 3 — крышка рабочей емкости; 4 — запасная емкость; 5 — переливной механизм; 6 — труба; 7 — барботажный участок; 8 — фильтр; 9 — отбойные пластины; 10 — выпускной трубопровод; в — для автосамосвала КрАЗ-256Б: 1 — кузов; 2 — рабочая емкость; 3 — крышка рабочей емкости; 4 — запасная емкость; 5 — переливной механизм; 6 — труба; 7 — барботажный участок; 8 — фильтр; 9 — отбойные пластины; 10 — щелевые окна; 11 — запасная емкость; 12 и 13 — заливные горловины

представлены конструкции ЖН для автосамосвалов МАЗ-503А, КраЗ-256Б.

Жидкостные нейтрализаторы ударно-инерционного действия. В них контакт ОГ с нейтрализующим раствором осуществляется направлением потока ОГ сверху на поверхность раствора. При этом очистка газовой фазы идет по образуемой поверхности контакта двух фаз, а твердые частицы падают и задерживаются в растворе благодаря силам гравитации и инерции. В целом эффективность этих очистителей ниже барботажных, они удовлетворительно улавливают лишь частицы размером более 20 мкм и для дизелей неперспективны.

Жидкостные нейтрализаторы центробежного действия. В них осуществляется орошение ОГ в объемах, где газовый поток вращается с помощью специальных направляющих лопаток либо за счет тангенциального подвода. Применение их целесообразно при улавливании сажевых частиц размером более 10 мкм, и для дизелей они малоэффективны.

Динамические ЖН. Отработавшие газы в них контактируют с раствором в виде малых капель, интенсивное дробление которых осуществляется с помощью лопаток ротора, имеющего привод от электродвигателя. Широкого распространения они не нашли главным образом из-за очень больших размеров и сложности конструкции.

Насадочные ЖН. Они представляют собой аппараты, в которых ОГ пропускаются через слой насадки, орошаемый нейтрализующим раствором. Эти нейтрализаторы, как правило, более эффективны, чем поверхностно-пленочные и барботажные. Они обладают одновременно относительно небольшими размерами и гидродинамическим сопротивлением. Насадка предназначена для увеличения площади поверхности контакта между нейтрализующим раствором и ОГ. Обычно в этом смысле более предпочтительна насадка седловидной формы или кольца Рашига, которые могут быть изготовлены из высокотемпературных керамических материалов. Хорошей насадкой является также проволочная «шерсть».

Принцип действия распыливающих ЖН основан на интенсивном дроблении движущимся газовым потоком орошающего его нейтрализующего раствора. Осаждению частиц на каплях и растворению в них газовой фазы способствуют их высокие относительные скорости. Наиболее эффективными ЖН являются скрубберы Вентури, представляющие собой трубку Вентури, в которую подводится нейтрализующий раствор, а перед выбросом ОГ в атмосферу устанавливается каплеуловитель. В целом распыливающая конструкция ЖН характеризуется небольшими размерами, простотой конструкции и экс-

плуатации и очень высокой эффективностью действия при умеренных сопротивлениях.

Эффективность работы ЖН зависит от режимов работы двигателя. При длительной работе дизеля на режимах, близких к номинальным, происходит значительный нагрев нейтрализующего раствора, в результате чего снижаются его поглощательная способность и эффективность очистки ОГ. Одновременно при таких условиях увеличивается расход нейтрализующего раствора. Поэтому наибольшей эффективностью отличаются ЖН, перед входом в которые ОГ предварительно охлаждаются. Использование для этого теплообменников нецелесообразно ввиду их больших размеров, сложности конструкции и большой массы.

Наиболее простым и эффективным решением следует считать предварительную подачу воды в выпускной трубопровод сразу после двигателя до поступления ОГ непосредственно в ЖН. При этом резко увеличивается время и площадь поверхности контакта ОГ и раствора, снижается температура, что увеличивает поглощательную способность раствора в самом нейтрализаторе.

Наибольшей эффективностью очистки обладают ЖН, включающие в себя сопло Вентури с подачей воды в него из водяного бака в количестве, соответствующем условиям полного испарения воды, и емкость с насыпкой.

Эффективность очистки ОГ от сажи в таких конструкциях ЖН достигает 70...80%. На основе этой конструкции жидкостные нейтрализаторы (рис. 10.11) разработаны для подзем-

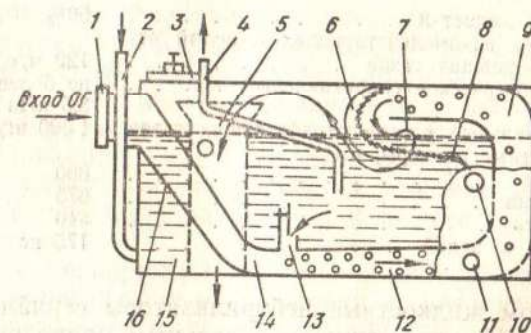


Рис. 10.11. Схема ЖН ТОРО-350: 1 — входные патрубки (2 шт.); 2 — трубка доливания воды из водяного резервуара; 3 — крышка смотрового люка; 4 — трубка дренажа отработавших газов из нейтрализатора в водяной резервуар машины; 5 — выходная труба; 6 — сепарационное устройство; 7 — направление потока отработавших газов без капель воды; 8 — направление потока отделенных капель воды; 9 — диффузорная часть скруббера Вентури (СВ); 10 — отверстие перелива; 11 — сливное отверстие; 12 — поток смеси капель воды и отработавших газов; 13 — канал подачи воды в горловину СВ с очистителем; 14 — горловина СВ; 15 — вода; 16 — конфузор скруббера Вентури

ных погрузочно-доставочных машин серии МоАЗ, ПД, строительно-дорожных машин, а также для финских погрузочно-доставочных машин серии ТОРО фирмы АРА (ТОРО-350, ТОРО-200, ТОРО-150, ТОРО-400, ТОРО-500 и др.).

Результаты испытаний такого нейтрализатора в составе двухступенчатой системы снижения токсичности и дымности ОГ (ДССТ) приведены в табл. 10.4.

Таблица 10.4

Результаты испытаний ЖН

Частота вращения коленчатого вала, мин ⁻¹	Температура ОГ, °С	Потери давления, кПа		Степень очистки ОГ от сажи, %
		на всей системе	на ЖН	
1 000	506	3,8	2,2	41
1 000	505	3,8	1,7	43
1 000	502	3,7	1,9	41
1 500	506	6,6	3,5	76
1 500	506	5,8	2,6	55
1 500	506	7,5	4,2	63
2 000	508	9,7	4,8	80
2 000	508	10,7	5,3	71
2 000	495	11,9	6,3	69
2 000	502	12,9	7,3	83

Технические характеристики ЖН ТОРО-350

Степень очистки	50%
Скорость взаимодействующих с водой отработавших газов	120 м/с
Газодинамическое сопротивление	не более 3,5 кПа
Максимальный расход отработавших газов	1 000 кг/ч
Габаритные размеры, мм:	
длина	800
ширина	675
высота	540
Масса с водой	175 кг

За рубежом жидкостные нейтрализаторы серийно выпускаются в основном для машин с дизельным приводом, предназначенных для эксплуатации в подземных условиях.

Типовая конструкция ЖН фирмы «Хераус» (Германия) изображена на рис. 10.12.

Сажевые фильтры. В мировой практике дизелестроения (в США, Германии, Японии и других развитых странах) выполнение перспективных норм 1993...1994 гг. по токсичности и дымности отработавших газов предусматривается посредством совершенствования рабочего процесса дизеля, перевода рабо-

ты дизелей на газообразное топливо, обязательного применения низкосернистого топлива (содержание серы в топливе не более 0,05% по весу), использования каталитических нейтрализаторов и сажевых фильтров в системах выпуска.

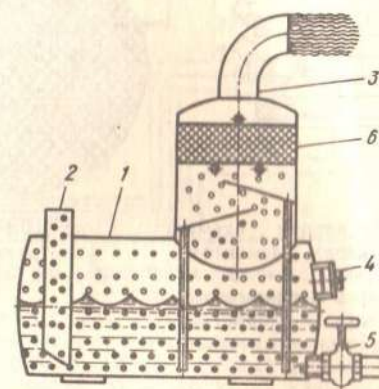


Рис. 10.12. Жидкостный нейтрализатор фирмы «Хераус»: 1 — корпус; 2 — впускной трубопровод; 3 — выпускной трубопровод; 4 — заливная горловина; 5 — сливная труба; 6 — каплеуловитель

В настоящее время во многих странах проводятся в больших объемах испытания различных конструкций сажевого фильтра, при этом пока предпочтительный вариант не определен. Распространенной является конструкция сажевого фильтра с керамическим фильтрующим блоком фирмы «Корнинг—Гласс» (США), системой регенерации в виде горелки, электронной системой управления и некоторые другие. Тем не менее имеются публикации и выступления ряда фирм о недостаточной надежности узлов и агрегатов систем сажевых фильтров, поэтому идут интенсивные разработки и испытания альтернативных вариантов.

Внедрение мероприятий, обеспечивающих выполнение жестких норм по токсичности и дымности ОГ, начинается в 1993 г., в первую очередь на грузовых автомобилях, автобусах, автопогрузчиках, работающих в местах с ограниченным воздухообменом. Применительно к СНГ это относится к грузовым автомобилям МАЗ, КамАЗ, КрАЗ, автобусам ЛиАЗ и «Икарус», автопогрузчикам Львовского (5 т) и Ереванского (1...2 т) автозаводов.

Принципиальная схема очистки ОГ от твердых частиц с помощью керамической конструкции сажевого фильтра приведена на рис. 10.13, а общий вид фильтрующего блока — на рис. 10.14.

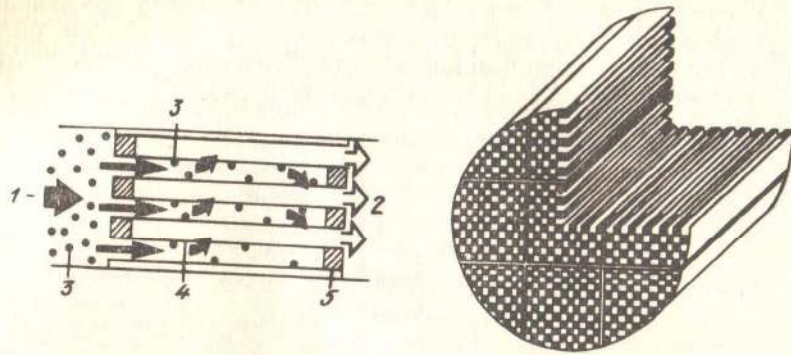


Рис. 10.13. Принципиальная схема очистки ОГ фильтрующим элементом фирмы «Корнинг Гласс»: 1—ОГ с твердыми частицами; 2—очищенные ОГ; 3—частицы сажи; 4—пористая стенка фильтра; 5—керамическая пробка

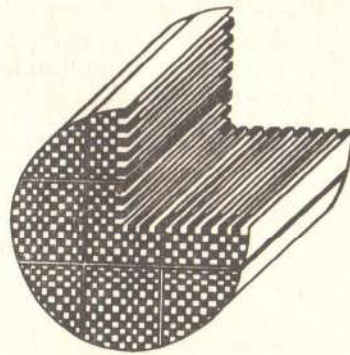


Рис. 10.14. Общий вид фильтрующего блока фирмы «Корнинг Гласс»

Из зарубежных конструкций сажевых фильтров целесообразно еще рассмотреть конструкцию фирмы «Вебасто» (Германия). Этот фильтр на каждый процесс регенерации расходует 1/3 литра дизельного топлива. Регулирование процесса регенерации автоматическое с помощью электронного блока управления и не требует участия и отвлечения внимания водителя машины. Особенности конструкции СФ фирмы «Вебасто» видны из рис. 10.15 и 10.16.

Сажевый фильтр фирмы «Дональдсон» (США), устанавливаемый на двигателях фирмы «Детройт Дизель» (США), используется на 400 городских автобусах Нью-Йорка.

Ряд фирм приступил к разработкам устройств для очистки отработавших газов дизелей от сажи и твердых частиц, которые (устройства) являются альтернативными по отношению к сажевым фильтрам, выполненным из пористых материалов. Они представляют собой либо электрофильтры, либо циклоны. При

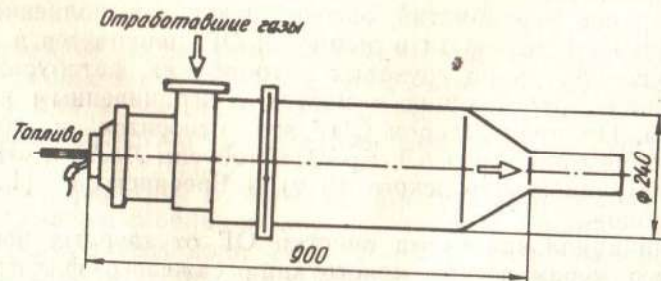


Рис. 10.15. Схема конструкции сажевого фильтра фирмы «Вебасто»

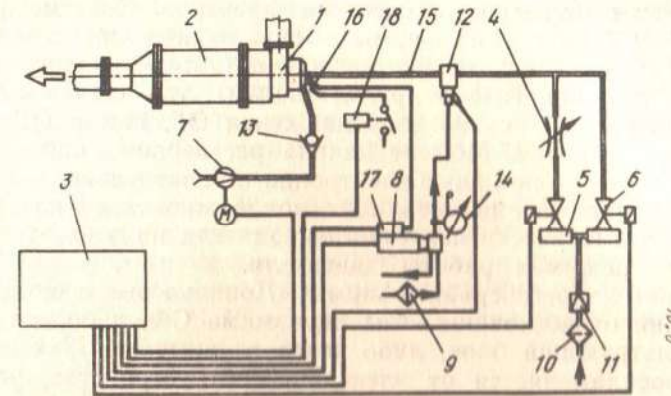


Рис. 10.16. Схема систем управления сажевого фильтра фирмы «Вебасто»: 1—горелка; 2—фильтр; 3—блок управления; 4—дроссель продувочного воздуха; 5—магнитный клапан продувочного воздуха; 6—магнитный клапан распыляемого воздуха; 7—компрессор; 8—топливный насос с двигателем; 9—топливный фильтр; 10—воздушный фильтр; 11—ограничитель давления воздуха; 12—топливный дозирующий клапан; 13—клапан обратного хода; 14—манометр топлива; 15—трубопровод для смеси топлива и воздуха; 16—свеча зажигания; 17—датчик искры зажигания; 18—реле обогрева свечи зажигания

пропускании газов через электрофильтр содержащиеся в них твердые частицы заряжаются и под воздействием электрического поля осаждаются на электродах. После накопления определенного слоя частицы сбрасываются или смываются в бункер-сажесборник.

Электрофильтры достаточно широко распространены в области промышленной и санитарной очистки газов. При их применении на транспортных средствах задача усложняется ввиду требований высокого напряжения (24 кВ), пожаробезопасности, ограничения габаритных размеров и др. Вместе с тем электрофильтры имеют определенные преимущества перед очистителями других типов. Обеспечивая глубокую очистку газов (до 95% и выше), они могут работать при повышенных температурах в достаточно агрессивных средах. Управление ими может быть полностью автоматизировано. По сравнению с сажевым фильтром с керамическим фильтрующим элементом электрофильтр имеет гораздо меньшее газодинамическое сопротивление. Это обеспечивает совместимость электрофильтра с другими средствами очистки отработавших газов, например, нейтрализаторов-глушителей, что особенно важно для турбодвигателя. Электрофильтр сравнительно дешев, прост в эксплуатации, обеспечивает снижение эксплуатационных затрат. К недостаткам электрофильтра следует отнести большие габаритные размеры, обусловленные необходимостью ограничения предельных скоростей газа в электрическом поле, а также, как указывалось, высокое напряжение питания.

Системы регенерации сажевых фильтров. Система регенерации СФ конструкции фирмы «Вебасто» включает топливную горелку с подачей дизельного топлива (хотя возможно использование бензина, газа и других топлив), устанавливаемую до фильтрующего блока по ходу движения ОГ. Поток ОГ проходит через горелку. Момент начала регенерации определяется автоматически с помощью электронного блока управления. Температура процесса регенерации поддерживается на уровне 700°C автоматически без участия водителя на всех эксплуатационных режимах работы двигателя.

В системе регенерации фирмы «Дональдсон» в момент регенерации отработавшие газы идут мимо СФ, либо через другой фильтрующий блок, либо через глушитель. Накопленная сажа воспламеняется от электрического устройства, устанавливаемого в центре фильтрующего блока.

Возможна также организация процесса регенерации при подаче газа или иного топлива в систему выпуска дизеля на катализатор, размещаемый до сажевого фильтра.

При организации процесса регенерации посредством использования микроприсадок в топливо, снижающих температуру выгорания сажи на фильтрующих блоках до $200 \dots 300^{\circ}\text{C}$, наибольшее применение находят ферроцены (в Германии), оксид циркония (во Франции) и др.

10.2. Системы снижения токсичности ОГ бензиновых ДВС

Суммарные мощности по производству нейтрализаторов во всем мире по оценке зарубежных специалистов рассчитаны на изготовление около 70 млн нейтрализаторов в год, а производится около 50 млн штук. В 1995 г. эти мощности будут составлять около 90 млн, а производиться будет около 70 млн штук в год. В зависимости от развития, технического и технологического уровня автомобильной промышленности и идеологии каждой фирмы в области токсичности автотехники общая тенденция для выполнения действующих и перспективных норм связана с обязательным использованием каталитических нейтрализаторов. Но вопросы применения окислительных систем очистки или бифункциональных систем решаются по-разному. В США предпочтение дается по совокупности всех признаков применению бифункциональных каталитических нейтрализаторов. Еще в 1982 г. 20,5% легковых автомобилей в США были оборудованы бифункциональными трехкомпонентными системами нейтрализации отработавших газов (СНОГ). В настоящее время ими оснащено более половины всех легковых автомобилей.

Окислительные системы очистки ОГ. Эти системы состоят из каталитического нейтрализатора и системы подачи дополнительного воздуха для обеспечения дожигания продуктов неполного сгорания (CO , углеводородов и альдегидов). Системы подачи дополнительного воздуха в основном изготавливаются или в виде пульсаров, или для этой цели используются воздушные насосы и эжекторы.

Малоинерционные обратные клапаны (пульсары) устанавливаются в выпускном трубопроводе двигателя и срабатывают от импульсов разрежения, образующихся в пульсирующем потоке ОГ двигателя за выпускными клапанами. Схема пульсара приведена на рис. 10.17. Лепестковый клапан пульсара в мо-

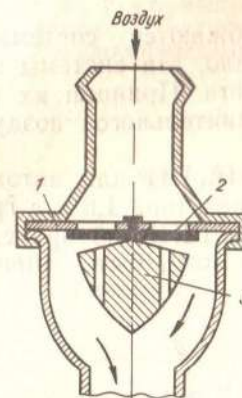


Рис. 10.17. Схема пульсара: 1 — перфорированная пластина; 2 — эластичная мембрана (лепестковый клапан); 3 — упор-обтекатель

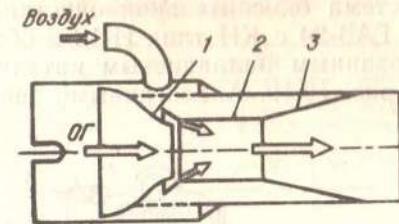


Рис. 10.18. Схема эжектора: 1 — сопло; 2 — смешительная камера; 3 — диффузор

мент возникновения разрежения в потоке ОГ открывается и обеспечивает подачу воздуха в систему выпуска двигателя перед КН, а при прохождении волны повышенного давления закрывается. Недостатком пульсаров является ограниченность их пропускной способности и относительно небольшая долговечность (десяtkи тысяч километров пробега автомобиля), что вызывает необходимость их частой замены.

Наиболее простым, надежным и дешевым является использование эжекторов (рис. 10.18), но эжекторы имеют сравнительно высокое газодинамическое сопротивление, и через них на режиме холостого хода помимо КН могут частично выбрасываться в атмосферу отработавшие газы.

Воздушные насосы обеспечивают удовлетворение всех требований к системам подачи дополнительного воздуха, но для

них нужен привод, они увеличивают проблемы компоновки двигателя на автомобиле и имеют достаточно высокую стоимость.

Каталитические нейтрализаторы бензиновых ДВС работают в диапазоне температур ОГ от 100°C на холостом ходе до 600°C на форсированных режимах. Каждый процент выгорания CO и C_xH_y на катализаторе приводит к повышению температуры ОГ в среднем на 100°C . Максимальные кратковременные температуры в КН при мощностном обогащении смеси могут достигать $800 \dots 900^{\circ}\text{C}$, а при наличии неисправностей в системах зажигания и питания — $1000 \dots 1100^{\circ}\text{C}$. При таких температурах в зависимости от длительности их поддержания могут происходить спекание катализатора, прогар реактора и корпуса КН.

Для устранения этих проблем КН снабжаются системами контроля и аварийной защиты. Как правило, эти системы выполняются на основе электронных устройств. Принцип их работы заключается в отсечке подачи дополнительного воздуха в КН.

Система окислительной очистки (ЭО НАМИ) для автомобилей ГАЗ-24 с КН типа Н-13 и объемом реактора 1,6 л с гранулированным палладиевым катализатором ШПК-0,5 приведена на рис. 10.19. Аналогичными системами могут быть оснаще-

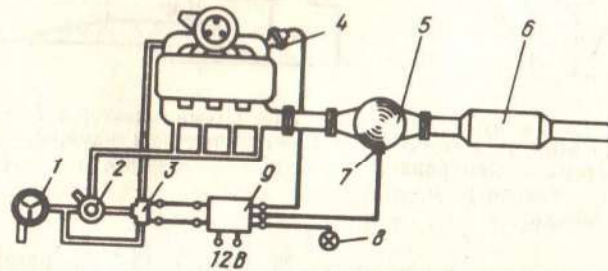


Рис. 10.19. Схема системы нейтрализации отработавших газов легкового автомобиля: 1 — нагнетатель; 2 — клапан аварийного сброса воздуха; 3 — электромагнитный клапан; 4 — датчик разрежения; 5 — нейтрализатор Н-13; 6 — глушитель; 7 — термопара; 8 — сигнальная лампочка; 9 — электронный блок

ны все легковые автомобили с бензиновыми ДВС. Они обеспечивают $70 \dots 90\%$ -ную очистку ОГ от CO и C_xH_y , а также снижают шум выпуска до уровня стандартного глушителя.

Окислительная система очистки (ЭО НАМИ) для автобуса ЛиАЗ-677 дана на рис. 10.20. Данные по эффективности очистки ОГ с помощью окислительной СНОГ ЛиАЗ-677 приведены в табл. 10.5.

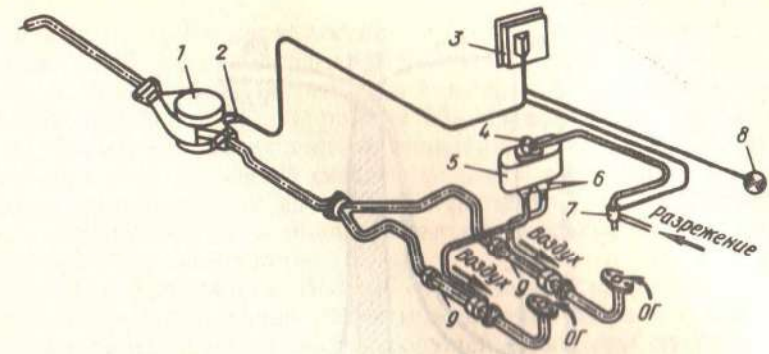


Рис. 10.20. Схема СНОГ автобуса ЛиАЗ-677: 1 — нейтрализатор Н-32; 2 — термопара; 3 — электронный блок; 4 — клапан отсечки воздуха; 5 — глушитель шума эжектора; 6 — обратные клапаны; 7 — электромагнитный клапан; 8 — контрольная лампочка; 9 — эжекторы

Таблица 10.5

Эффективность очистки ОГ автобуса ЛиАЗ-677

Комплектация СНОГ	Степень очистки ОГ, %			
	при скорости 40 км/ч		по испытательному циклу автобусов	
	от CO	от C_xH_y	от CO	от C_xH_y
Нейтрализатор Н-32 и нагнетатель Н-32	91	75	94	75
Нейтрализатор Н-32 и два эжектора	85	60	85	65

В настоящее время осваивается производство окислительных СНОГ для автомобилей АЗЛК, ВАЗ, ГАЗ, ЗАЗ на основе металлических блоков — носителей катализатора.

Бифункциональные СНОГ (БСНОГ). Только зарубежными фирмами производятся серийно подобные системы.

Для эффективной работы этим системам необходимо обеспечивать точность регулирования коэффициента избытка воздуха в пределах до 1% (рис. 10.21, заштрихованная зона).

Типовая схема бифункциональной СНОГ для легкового автомобиля приведена на рис. 10.22. Для поддержания состава топливно-воздушной смеси в узких пределах относительно стехиометрического ($\alpha=1$) в цепь обратной связи системы питания включен кислородный датчик. Наиболее эффективным методом согласования характеристик бифункционального КН и кислородного датчика является динамическое регулирование в

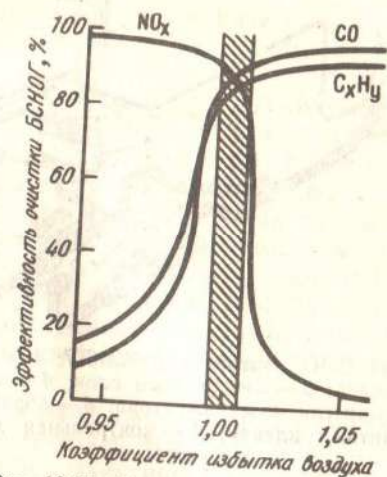


Рис. 10.21. Характер зависимости эффективности очистки отработавших газов с помощью БСНОГ от коэффициента избытка воздуха

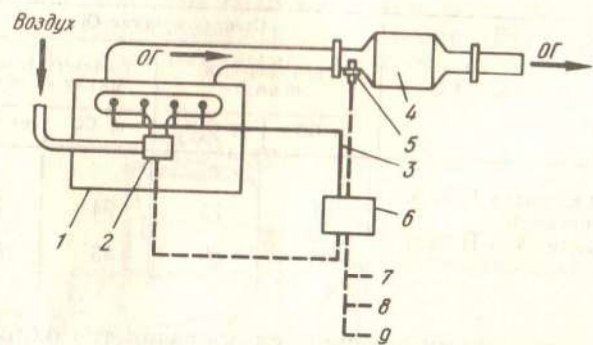


Рис. 10.22. Схема бифункциональной СНОГ бензинового двигателя внутреннего сгорания: 1 — двигатель; 2 — расходомер воздуха; 3 — система измерения угла опережения впрыска топлива; 4 — каталитический нейтрализатор; 5 — кислородный датчик; 6 — электронный блок; 7 — система измерения температуры двигателя; 8 — система измерения положения дроссельной заслонки; 9 — система измерения частоты вращения коленчатого вала

зависимости от режимов работы двигателя. В целом БСНОГ являются сложными устройствами, которые хорошо согласуются с электронными системами многоточечного впрыска бензиновых ДВС и сами регулируются с помощью электронных систем управления.

Требования, предъявляемые к работоспособности автомобильных электронных систем, очень жесткие. Элементарная база такой системы управления двигателем при лабораторных испы-

таниях за рубежом проверяется в диапазоне температур от -40 до $+120^{\circ}\text{C}$, при длительных испытаниях с температурой 85°C , а также испытывается при температуре $+35^{\circ}\text{C}$ при концентрации углеводородов, равной 5%. Отдельные элементы систем управления подвергаются испытаниям с большими перегрузками и вибрацией. В связи с тем, что значительная доля отказов приходится на начальный период работы систем управления, вводится также предварительная проверка и тарировка отдельных блоков и узлов.

Система управления БСНОГ и бензинового двигателя обеспечивает регулирование частоты вращения вала на холостом ходу, управление обогащением горючей смеси при пуске и прогреве, обогащение горючей смеси при разгоне, управление составом смеси в зависимости от рабочего состояния двигателя, регулированием стехиометрического состава горючей смеси, режимом принудительного холостого хода, остановкой двигателя, а также управление системой зажигания (впрыска) и системой рециркуляции ОГ. Кроме того, система выполняет функции контроля, диагностики, аварийной защиты и др.

Одним из основных агрегатов в составе бифункциональной системы снижения токсичности ОГ бензинового ДВС является кислородный датчик. В США, Японии и Европе, где БСНОГ серийно производятся более пятнадцати лет, кислородные датчики выполняются на основе диоксида циркония. В России разработаны датчики с параметрами, близкими к зарубежным аналогам.

11. ТОПЛИВА И МАСЛА

В настоящее время применяются следующие топлива для ДВС: бензин, дизельное, топливо расширенного фракционного состава (РФС), широкого фракционного состава (ШФС) пропан, метанол, этанол, сжатый природный газ. Перспективным топливом является водород.

Бензин. По разным оценкам ресурсов бензина в мире может хватить на период от 30 до 80 лет. При сжигании бензина образуются описанные выше токсичные компоненты отработавших газов, способствующие в ряде случаев образованию смога, а также формированию на планете «парникового эффекта», ведущего к повышению среднегодовой температуры воздуха. Последнее обстоятельство может привести к негативным последствиям глобального масштаба.

Дизельное топливо. Ресурсы этого топлива достаточно велики, особенно с учетом возможности использования топлив РФС и ШФС. Дизельный процесс более экономичен, при его использовании относительно меньше выбрасывается в атмосферу углекислого газа CO_2 . Основными проблемами, связанными с ис-

пользованием дизельного топлива, является выброс твердых частиц (сажи, аэрозолей масла и топлива, некоторых канцерогенных веществ).

Пропан C_3H_8 . Используется в карбюраторных ДВС после их соответствующего переоборудования. В смеси с бутаном C_4H_{10} содержится в сжиженном нефтяном газе. Пропан характеризуется высоким октановым числом (около 98).

Для хранения этого вида топлива на автомобиле необходимы баллоны достаточно большого объема. К сказанному можно добавить, что в Токио на пропане работает большое число такси.

Метанол CH_3OH . Сырьем для его получения являются природный газ, уголь, биомасса, древесина (другое название метанола — древесный спирт). Метанол достаточно перспективен в качестве альтернативного топлива, однако при его использовании наблюдается повышенный выброс CO_2 . Кроме того, имеются трудности в хранении метанола (он ядовит) и проблемы социального порядка.

Октановое число у метанола равно 110, поэтому при его использовании достигается увеличение мощности двигателя, однако при работе на метаноле образуется в 10 раз больше формальдегида, чем при работе на бензине.

Этанол C_2H_5OH . Отличается высоким октановым числом, хорошо поглощает воду. Сырьем для его производства может служить кукуруза, сахарный тростник и некоторые другие растения. Нежелательным эффектом его применения является увеличенный выброс CO_2 . Несмотря на отмеченные недостатки, в 42 штатах США этанол используется в качестве 10-процентной добавки к бензину, а в Бразилии широко используется в качестве основного топлива для автомобилей (запуск и прогрев двигателей таких автомобилей производятся на бензине).

Сжатый природный газ (СПГ). Низкий уровень выброса вредных веществ делает это топливо перспективным для городского автотранспорта. Однако вследствие высокого давления в баллонах с СПГ существенно повышаются требования техники безопасности при его применении, а также возникает необходимость создания специальных средств для заправки баллонов и организации их хранения.

Большой опыт использования СПГ имеется в Новой Зеландии, Нидерландах, Италии. Сжатый природный газ начинает находить применение как топливо для автомобилей и в Российской Федерации.

Водород H_2 . Является самым чистым в социально-экологическом отношении топливом. При его сгорании в двигателе образуется вода и небольшое количество оксидов азота (при использовании стандартных систем воздухообеспечения двигателя) и полностью отсутствуют CO и CO_2 . Водород, однако, легко воспламеняется в смеси с воздухом, взрывоопасен, есть пробле-

мы в вопросах его хранения и транспортировки. Наиболее распространены технологии хранения водорода в сжатом, сжиженном или абсорбированном состоянии.

Перспективы применения чистого бензина и бензина с добавками. Совершенствование бензиновых ДВС с целью снижения вредных выбросов идет посредством повышения степени сжатия, что требует существенного увеличения октанового числа топлива. Применение для достижения этой цели тетраэтилсвинца в качестве добавки к бензину во всех развитых странах резко идет на убыль, а в ряде стран вообще запрещено. Процесс перехода на неэтилированные сорта топлива начался в середине 1980-х годов. В странах ЕЭС содержание свинца ограничено нормой 0,013 г/л в неэтилированных бензинах и нормой 0,15 г/л — в этилированных. В начале 1989 г. доля неэтилированного бензина в общем потреблении во Франции, Италии, Испании и Португалии не превышала 1%. При этом к 1989 г. содержание свинца во Франции было снижено с 0,5 до 0,25 г/л, в Италии с 0,3 до 0,15 г/л, а в Испании и Португалии допускалось применение бензина, содержащего свинец в количестве до 0,4 г/л. В Австрии, Финляндии, Швеции и Швейцарии норма содержания составляет 0,15 г/л.

В Японии используются только неэтилированные бензины, в США и Канаде — преимущественно неэтилированные. Их характеристики приведены в табл. 11.1.

Таблица 11.1

Основные характеристики современных неэтилированных бензинов

Параметр	Тип бензина по странам						
	Япония		США			Канада	
	нормальный	супербензин	нормальный	средний	супербензин	нормальный	супербензин
ОЧ по исследовательскому методу	90,5	98	91,5	94,5	98,5	91,5	98,5
ОЧ по моторному методу	81	87	83	84,5	87,5	83	87,5
Доля на рынке, %	80	20	60	2	20	20	13

Использование неэтилированного бензина позволяет уменьшить износ деталей двигателя. Этилированный же бензин снижает долговечность и надежность свечей зажигания, поскольку соли свинца оседают на электродах и изоляторе, повышая при высоких температурах утечку тока высокого напряжения через загрязненную поверхность изолятора. При переходе на неэти-

лированный бензин можно уменьшить в два раза зазор между электродами свечи, что повышает ее срок службы вдвое. Уменьшается также износ направляющих втулок клапанов, шатунных подшипников коленчатого вала и деталей цилиндропоршневой группы.

В странах СНГ выпуск этилированных бензинов сокращается, хотя темпы этого сокращения нельзя признать достаточно высокими. Вместе с тем, нормы содержания свинца примерно в два раза больше соответствующих норм, действующих в других странах.

Для перехода на производство неэтилированных бензинов необходимо внедрение новых технологических процессов (например, каталитического крекинга и риформинга, изоляризации и алкилирования). Следует также расширять производство метилтретбутилового эфира (МТБЭ), в смеси с которым получают высококачественные марки бензинов.

В настоящее время в связи с ограничениями поставок тетраэтилсвинца на нефтеперерабатывающих заводах России идет замена этилированного бензина АИ-93 на неэтилированный АИ-92, что позволяет оздоровить социально-экологическую обстановку во многих районах, на 10...15% увеличить выпуск высокооктановых бензинов, снизить на 30% потребность в этиловой жидкости и отказаться от ее закупок за рубежом.

В России с 1 января 1991 г. прекращено производство бензина А-72 и в стандарты введено дополнение — неэтилированный бензин АИ-95, который производится с учетом применения на автомобилях каталитических нейтрализаторов.

Для повышения октанового числа неэтилированных бензинов помимо МТБЭ наиболее приемлемыми добавками являются метанол и этанол.

Новые сорта бензинов, получаемые при добавках в различных пропорциях современных присадок, имеют общее название «Суперплюс». Годовое производство таких присадок в Саудовской Аравии составляет 500 тыс. тонн, в Венесуэле — тоже 500 тыс. тонн, во Франции — 420 тыс. тонн, в ФРГ — 187 тыс. тонн.

Необходимо отметить, что во всех случаях применения бензинов «Суперплюс» отмечается снижение выброса в атмосферу оксида углерода СО вследствие обеднения топливно-воздушной смеси в результате добавки в исходный бензин кислородосодержащих компонентов.

Антидымные присадки к дизельному топливу. К отрицательным особенностям дизельного топлива относится содержание в нем ароматических углеводородов и серы. Снижение содержания последней с 0,43 до 0,02% уменьшает выброс твердых частиц с отработавшими газами примерно на 30%, причем мощностные показатели дизеля и выбросы СО, С_xН_y и NO_x не изменяются. Оптимальным принято считать содержание серы

в топливе, равное 0,05% (по массе), а содержание ароматических углеводородов — не выше 20%.

В России за счет применения процесса гидроочистки на имеющемся оборудовании планируется добиться содержания серы в топливе не более 0,12%, что в 3...5 раз уменьшит содержание серы в ОГ и на 17...20% уменьшит выброс ТЧ. При снижении содержания ароматических углеводородов и серы в топливе увеличивается срок службы каталитических нейтрализаторов и сажевых фильтров, а также создаются условия для выполнения жестких требований по выбросам твердых частиц (нормы будут введены в 1993 или 1994 годах в развитых странах Европы, Америки и Азии). К этому времени промышленность должна обеспечить выпуск соответствующего количества малосернистого топлива, технология производства которого разработана некоторыми институтами и в России.

Результаты испытаний так называемого «городского топлива» с низким содержанием серы и ароматических углеводородов, проведенных фирмой «Скания» (Швеция), позволили установить, что по сравнению со стандартным топливом содержание в ОГ серы удалось уменьшить с 0,2...0,3% до 0,03%, а ароматических углеводородов в 2...3 раза, выброс твердых частиц — на одну треть.

Одним из эффективных средств снижения дымности ОГ дизелей является применение антидымных присадок, которые добавляются в топливо в количествах, не превышающих 1% массы топлива. Они могут содержать различные металлы, но наибольшее распространение нашли присадки на основе бария. Известны присадки SLD (Бельгия), «Парадайн-12» и SSA (США), А-2, ИХП-706. Согласно проведенным исследованиям присадки достаточно эффективно (в среднем в два раза) снижают дымность ОГ дизелей.

Были проведены специальные испытания антидымных присадок к топливу трех видов: ДТ по ГОСТ 305—82 (содержание серы не более 0,2%); то же ДТ с антидымной присадкой ИХП-706 в количестве 0,5% массы ДТ, а также с антидымной присадкой «Парадайн-12» в количестве 0,5% массы топлива. Средняя величина уменьшения дымности дизеля Д-240 составила для испытанных присадок 50...60%. При малых частотах вращения коленчатого вала по мере увеличения нагрузки двигателя характерно уменьшение эффективности действия присадок с 70...80 до 20...40%.

Таким образом, уменьшение действия присадок наблюдается как раз на режимах работы дизелей, сопровождающихся повышенной дымностью ОГ.

Антидымные присадки «Парадайн-12» и ИХП-706 уменьшают не только дымность ОГ, но и содержание бенз(а)пирена, при этом присадка ИХП-706 снижает его содержание в среднем на 40%, а «Парадайн-12» — до 30%. Эффективность присадок

по отношению к БП незначительно зависит от режимов работы испытанных дизелей. Содержание NO_x и CO в ОГ дизеля Д-240 при применении присадок ИХП-706 и «Парадайн-12» практически осталось без изменений.

Моторное масло. Влияние моторного масла (особенно применяемого на дизелях) ранее не учитывалось при рассмотрении проблем токсичности и дымности отработавших газов ДВС. Однако последовательное ужесточение норм стандартов по выбросам вредных веществ, проведение более тонких экспериментов, совершенствование конструкции и систем ДВС, повышение качества моторных топлив и эффективности систем очистки ОГ позволили установить и достаточно большую роль моторных масел в рассматриваемой проблеме. Масло, содержащее зольные присадки, не может догорать до конечных продуктов (CO_2 и H_2O) и поэтому также является источником выброса частиц, которые в совокупности с частицами сажи, металлов, паров и других веществ определяют выброс твердых частиц, регламентируемых современными стандартами.

Процесс выгорания моторных масел осуществляется при относительно низких температурах в первую очередь в зоне поршневых колец и в поршневых канавках. По данным ЕРА (США) доля моторного масла в общем нормируемом выбросе твердых частиц в США составляла около 20% в 1991 г., а в 1994 г. будет составлять до 40%. По данным американских исследователей для обеспечения удовлетворения требования ЕРА расход масла на угар должен быть уменьшен примерно на 80% (в зависимости от класса дизеля) и не должен будет превышать 0,218 г/(кВт·ч). В этой связи уже достигнутый некоторыми фирмами США ресурс работы дизелей в 960 000 км пробега (в том числе и за счет повышения качества моторного масла) может быть снижен из-за новых требований, являющихся результатом введения новых социально-экологических нормативов.

Обычно расход масла на угар составляет 70...85% общего расхода масла и зависит от его испаряемости. Для промышленных отечественных масел И-20А и И-40А испаряемость стандартами не регламентируется, в то время как за рубежом нормируется «... потеря массы масла в % при нагреве в течение 1 ч при температуре 250°С...». Измерения показали, что испаряемость масла УНПЗ-22 в 1,5...2 раза больше, чем у аналогичных зарубежных образцов.

В настоящее время получена опытная партия базового масла И-20А с улучшенными социально-экологическими свойствами. На основе технологии приготовления этого масла (при добавлении пакета присадок фирмы «Лабризол») можно производить товарные масла, соответствующие современным европейским спецификациям.

12. ТЕХНИЧЕСКАЯ ЭКСПЛУАТАЦИЯ СРЕДСТВ СНИЖЕНИЯ ТОКСИЧНОСТИ И ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ ДВС

Основные правила. До начала монтажа КН и ЖН необходимо проверить наличие всех необходимых деталей. Если двигатель работает на бензине, при применении КН нужно убедиться в том, что применяемый бензин неэтилированный. В противном случае освободить бак от этилированного топлива и наполнить его бензином, не содержащим тетраэтилсвинца. Применение этилированного бензина приводит к отравлению катализатора и к выводу КН из строя.

Перед началом эксплуатации каталитического нейтрализатора необходимо проверить регулировку и исправность всех элементов систем топливоподачи в соответствии с инструкцией завода-изготовителя. Нейтрализатор не всегда заменяет глушитель и должен устанавливаться в системе выпуска строго по инструкции. Следует иметь в виду, что каталитический процесс в бензиновых ДВС протекает с выделением тепла, заметно увеличивающим температуру ОГ, однако, если температура катализатора превысит 800°С, это свидетельствует о неисправности систем зажигания и топливоподачи.

Контрольные приборы (если они предусмотрены в комплекте поставки) должны монтироваться в кабине таким образом, чтобы их было хорошо видно водителю в любое время суток. Особенности монтажа КН и ЖН в системах выпуска ДВС изложены в инструкциях по их обслуживанию и эксплуатации.

Периодичность обслуживания систем снижения токсичности составляет 400...500 моточасов работы двигателя.

Регенерация катализатора. Катализатор в нейтрализаторе в процессе эксплуатации загрязняется жидкими и твердыми составляющими ОГ, покрывается сульфатами и другими компонентами, в результате чего теряет свои активные свойства. Для восстановления эффективности очистки ОГ с помощью КН необходима регенерация катализатора.

Сущность процесса регенерации заключается в механической или химической очистке катализатора, в результате которой восстанавливаются его каталитические свойства.

Регенерация катализатора промывкой заключается в его промывке водой. При этом достигается удаление частиц сажи и несгоревших углеводородов с поверхности катализатора, вымывание соединений серы, т. е. устранение основных причин, вызывающих потерю активности катализатора.

Регенерация гранулированного катализатора производится в специальных установках, имеющих вид цилиндрической емкости с поддоном, в который насыпается катализатор.

Для сокращения времени проведения регенерации исполь-

зуются сжатый воздух, пропускаемый через поддон с загруженным катализатором, находящимся под слоем воды с температурой 50...100° С.

Примерная последовательность процесса регенерации:
 удаление механических загрязнителей с поверхности катализатора промывкой струей воды в течение 30 мин;
 выдерживание катализатора в воде в течение 8...10 ч;
 промывка водой (расход воды 60 л/ч) при одновременной продувке воздуха (расход воздуха около 3 м³/ч) в течение 6...7 ч;

высушивание катализатора на воздухе или в сушильной печи при температуре 100...130° С до полного высыхания.

Регенерированный катализатор засыпается в КН для эксплуатации, либо хранится в сухом месте в герметичной таре.

Регенерация восстанавливает активность катализатора на 95%. Одну и ту же партию катализатора можно регенерировать до трех раз и затем им уже не пользоваться.

Аналогичным образом производится регенерация катализатора на блочном (металлическом или керамическом) носителе: катализатор продувается сжатым воздухом;

блок катализатора промывается водой, имеющей температуру 75...85° С в течение 3...4 ч;

производится вновь продувка сжатым воздухом, после чего катализатор просушивается.

Фирма «Энгельгард» (США) рекомендует другие методы регенерации катализатора, описанные ниже.

1. Промывание водными растворами некоторых веществ, не содержащими хлора с последующей продувкой сжатым воздухом в направлении, обратном направлению движения потока отработавших газов в нейтрализаторе.

2. Продувка паром (лучше — перегретым) с последующим просушиванием.

3. Нагревание катализатора в печи до температуры не более 600° С с последующей продувкой горячим воздухом с температурой около 400° С.

Обслуживание жидкостных нейтрализаторов. Общие правила обслуживания ЖН отечественных и зарубежных конструкций заключаются в следующем:

через каждые 300 ч работы нейтрализатор должен промываться струей воды в течение 1 ч при открытых заливном и сливном отверстиях;

работа ЖН, не заправленного водой, не допускается во избежание выхода из строя системы автоматической подпитки водой;

при отрицательных температурах окружающей среды воду из нейтрализатора необходимо сливать.

Общие положения о техническом обслуживании ДВС с учетом токсичности ОГ. В процессе эксплуатации отклонение па-

раметров систем питания, зажигания и других от норм, рекомендуемых заводами-изготовителями, приводит к увеличению выбросов вредных веществ и расхода топлива. Перебой воспламенения в одном из цилиндров в 6...8 раз увеличивают выброс углеводородов. Практически у автомобилей чаще возникают не одна, а несколько неисправностей. По мере износа двигателя (цилиндропоршневой группы) также растет выброс углеводородов. К моменту предельного износа этот выброс увеличивается в среднем на 50%, а расход топлива — на 15%.

У дизелей большинство неисправностей приводит к увеличению дымности ОГ и выбросов продуктов неполного сгорания топлива, однако при этом несколько снижается выброс оксидов азота. К таким неисправностям относятся: закоксовывание форсунок, неравномерность цикловой подачи по цилиндрам, снижение давления начала открытия иглы форсунки, нарушение герметичности топливопроводов, увеличение цикловой подачи топлива, засорение топливных магистралей, загрязнение воздушного фильтра, увеличение сопротивления системы выпуска ОГ, изменение угла опережения впрыскивания топлива и др.

Диагностика автомобиля является важным звеном технической эксплуатации ДВС и средств снижения токсичности и дымности отработавших газов. Варианты организации систем диагностики и обслуживания автомобильной техники на автотранспортном предприятии (АТП) приведены на рис. 12.1.

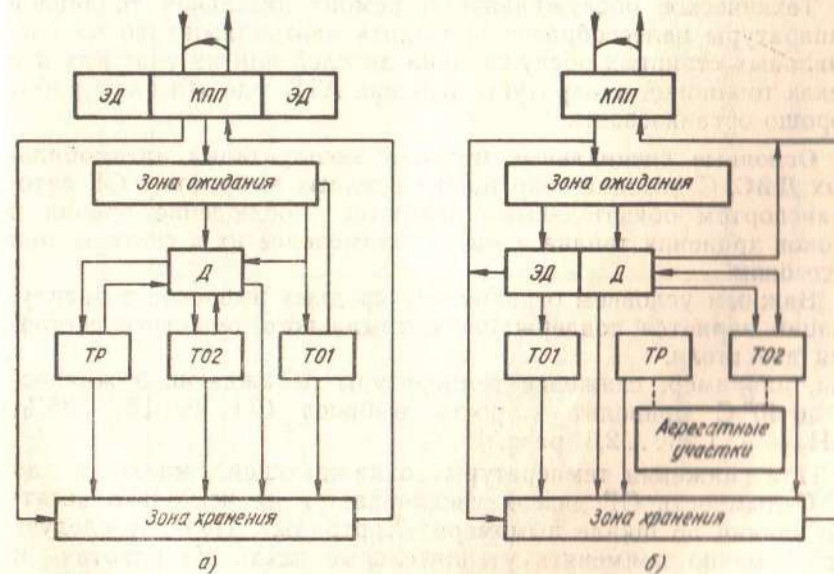


Рис. 12.1. Варианты функциональных связей постов диагностики с производственными участками АТП: а — АТП смешанного типа; б — специализированное АТП

Для смешанных АТП применяется более широкая номенклатура диагностических приборов и оборудования, которое распределяется по постам экспресс-диагностики (ЭД) и углубленной диагностики (Д), совмещенным с зонами технического обслуживания (рис. 12.1, а). На посту ЭД производится проверка двигателей на соответствие стандартам по токсичности и дымности ОГ и выдается разрешение на продолжение эксплуатации автомобиля, либо он направляется в зоны обслуживания и ремонта (ТР) через пост углубленной диагностики.

Перед ТО2 проводится комплексная диагностика всех систем и агрегатов автомобиля и систем снижения токсичности.

Проведение диагностики и контрольно-регулирующих работ по снижению токсичности позволяет обеспечить соответствие большинства автомобилей нормам по выбросам вредных веществ с ОГ.

Перечень и последовательность основных проверок бензиновых двигателей приведены в табл. 12.1. Следует иметь в виду, что диагностика систем питания топливом производится после проверки систем зажигания и устранения обнаруженных при ней неисправностей.

Если проверки П-1 и П-2 дают хорошие результаты, то проведение П-4 и П-5 не обязательно. Проверка работоспособности ускорительного насоса карбюратора (П-3) и бензонасоса (П-6) проводится по заявкам водителей.

Техническое обслуживание и ремонт дизельной топливной аппаратуры целесообразно проводить централизованно на специальных станциях обслуживания дизелей или на участках и в цехах топливной аппаратуры больших АТП, где эти виды работ хорошо организованы.

Основные специальные правила эксплуатации автомобильных ДВС. С позиций сокращения вредных выбросов с ОГ автотранспортом обязательными являются соблюдение правил и сроков хранения топлив и масел, применение их в соответствии с сезоном.

Важным условием ограничения вредных выбросов в эксплуатации является поддержание оптимального теплового состояния двигателя.

Так, например, снижение температуры охлаждающей жидкости до 40°C приводит к росту выброса CO на 15...35%, C_xH_y — в 1,25...2,8 раза.

При снижении температуры охлаждающей жидкости до 30°C дымность ОГ дизеля увеличивается на несколько десятков единиц по шкале дымомера «Хартридж». Поэтому следует своевременно применять утеплительные чехлы на капотах и решетках радиатора, поддерживать в исправном состоянии термостаты, пользоваться качественными охлаждающими жидкостями, своевременно обслуживать устройства автоматическо-

Таблица 12.1

Основные проверки бензиновых ДВС на постах диагностики

Шифр проверки	Цель проверки	Приборы, оборудование	Содержание проверки (что проверяется)	Признак нормального технического состояния
П-1	Определение содержания CO в ОГ при минимальной частоте вращения холостого хода	Газоанализатор, тахометр	Правильность регулировки системы холостого хода карбюратора	Содержание оксида углерода соответствует нормам
П-2	Определение содержания CO в ОГ при $n_{xx} = 0,6, n_{ном}$	То же	Состояние переходной и главной дозирующей систем карбюратора	То же
П-3	Определение изменения содержания CO при резком открытии дроссельной заслонки от частоты вращения $n_{xx} = 1000 \text{ мин}^{-1}$	»	Работоспособность ускорительного насоса	Резкое увеличение содержания CO в ОГ
П-4	Определение содержания CO при $n_{xx \text{ min}}$ и $n_{xx} = 0,6 n_{ном}$ при снятом воздушном фильтре	»	Степень загрязненности воздушного фильтра	Незначительное отличие показателя газоанализатора от результатов проверки П-1 и П-2
П-5	Измерение уровня топлива в поплавковой камере	Линейка или шаблон	Правильность установки уровня топлива	Соответствие ТУ завода-изготовителя
П-6	Измерение давления и разрежения, создаваемых бензонасосом	Манометр, вакуумметр	Работоспособность бензонасоса	То же

го отключения вентилятора. Не допускается длительная межсменная работа двигателей (особенно зимой) на стоянке.

Результаты исследований по влиянию приемов вождения автомобиля на расход топлива и выброс вредных веществ приведены в табл. 12.2. Применение рациональных приемов вождения

Таблица 12.2

Влияние условий вождения на токсичность и экономичность автомобиля

Показатель режимов движения	Приемы вождения		
	обычный	экономичный	скоростной
Средняя техническая скорость, км/ч	35	34,2	37,6
Количество переключений передач на 1 км пробега	4,67	4,43	4,82
Количество торможений на 1 км пробега	1,58	1,28	1,73
Расход топлива, л/100 км	13,45*	11,6	14
Выбросы вредных веществ, г/км:			
оксид углерода	—	35,5	48,5
углеводороды**	—	8,51	12,5
оксиды азота	—	3,03	5,6

* Норма — 13,5 л/100 км.

** Концентрации C_{xH_y} измерялись ПИД-анализатором.

ждения дает возможность сократить расход топлива на 16... 20%, а выбросы вредных веществ уменьшить на 40... 85%.

Водителю целесообразно выполнять следующие рекомендации:

добиваться установившегося режима движения автомобиля, придерживаться хорошо изученных маршрутов по возможности с безостановочным движением;

сокращать число торможений, перед препятствием заранее снижать скорость, останавливаться, используя по возможности режим движения автомобиля накатом;

при разгоне своевременно переключать передачи (наименьшие расходы топлива и выбросы вредных веществ находятся в области средних значений частоты вращения коленчатого вала двигателя);

при разгоне на каждой передаче нужно плавно увеличивать подачу топлива по мере роста частоты вращения коленчатого вала;

не допускать работу двигателя с перегрузкой, поскольку движение с максимальной нагрузкой при малой частоте вращения вала двигателя увеличивает выброс вредных веществ;

при длительных остановках избегать долгой работы двигателя на холостом ходу;

после пуска холодного двигателя своевременно открывать воздушную заслонку карбюратора;

соблюдать оптимальный тепловой режим двигателя, устанавливая воздухозаборник воздушного фильтра в положение, соответствующее температуре окружающего воздуха, утеплять капот и радиатор при низких температурах воздуха;

не допускать заправку автомобиля топливами и маслами, не рекомендованными заводом-изготовителем автомобиля;

не производить самостоятельно перерегулирование систем питания и зажигания без применения соответствующих контрольно-диагностических приборов и использования инструкций;

систематически контролировать расход топлива; его перерасход при неизменных условиях эксплуатации свидетельствует о появлении неисправностей и нарушений регулировки, повышающих токсичность ОГ ДВС.

Для контроля режимов работы двигателя применяются дополнительно контрольная лампочка включения в работу вторичной камеры карбюратора, указатель разрежения во впускном трубопроводе двигателя и другие устройства.

Обучение работников автотранспортных предприятий. Действующие учебные планы и программы подготовки и переподготовки работников основных специальностей АТП, практически не затрагивают вопросов социально-экологической безопасности автомобилей. В автопарках необходима организация обучения и пропаганды такой безопасности. В АТП необходимо создавать соответствующие службы, имеющие статус структурного подразделения предприятия (аналогично службе безопасности движения). В состав службы обучения должны входить инженерно-технические работники, прикрепленные к данному предприятию. Обучение должен проходить весь кадровый состав водителей, механиков, инженерно-технических работников. Регулярно должны проводиться занятия по повышению квалификации сотрудников с акцентированием их внимания на мероприятиях, обеспечивающих снижение количества вредных веществ, выбрасываемых автомобилями с отработавшими газами.

Помимо обучения повседневно должен проводиться контроль соблюдения норм выброса вредных веществ, дымности ОГ и шумности автомобилей.

Целесообразно регулярное проведение весенне-летних декадников, представляющих собой комплекс административных и пропагандных мероприятий. Цель декадников — интенсифицировать пропаганду мер оздоровления воздушного бассейна, привлечь внимание общественности к ответственности работников АТП за сохранение окружающей среды.

В Москве декадники организуются отделом охраны окружающей среды Госавтоинспекции и НИИ совместно. В этот период проводятся выборочные контрольные проверки токсич-

ности и дымности автомобилей на транспортных магистралях города и на АТП. Контроль за выполнением соответствующих приказов и постановлений производится техническими службами АТП. Результаты анализа массовых проверок доводятся до сведения хозяйственных органов города для выработки необходимых мер по улучшению технического состояния автопарка.

Примерный план организационно-технических мероприятий по снижению загрязнения атмосферы выбросами автомобильных двигателей (для областных управлений и объединений)

1. В рамках отделов (управлений) безопасности движения, охраны труда и техники безопасности создать постоянно действующую группу по контролю за выполнением требований ГОСТ 17.2.2.03—77 по токсичности ОГ бензиновых двигателей и ГОСТ 21393—75 по дымности дизелей, а также приказов и распоряжений, направленных на совершенствование системы природоохранных мероприятий на АТП.

2. Создать передвижной пункт (лабораторию) контроля токсичности и дымности автомобилей, оснатив его газоаналитической аппаратурой, дымомером, вспомогательным оборудованием для выполнения в полном объеме контрольных проверок на соответствие требованиям стандартов. Развернуть сеть контрольно-диагностических постов на крупных АТП.

3. Разработать календарный план контрольных проверок подвижного состава на соответствие требованиям стандартов по токсичности и дымности, включающий проверки в период технических осмотров, выборочные проверки автомобилей на транспортных магистралях и на территории АТП.

План должен учитывать также необходимость проверки выполнения требований стандартов по токсичности автомобилей различных ведомств и отдельных предприятий, не подчиненных данному автотранспортному управлению. В таком случае в состав рабочих групп, осуществляющих проверки, должны входить представители Государственной автомобильной инспекции и местных административных органов. В обязанности рабочих групп должна входить также проверка реализации комплексных планов природоохранных мероприятий на предприятиях автомобильного транспорта.

4. Разработать систему сбора и анализа информации о состоянии автотранспорта по токсичности отработавших газов с целью выработки оперативных решений по природоохранным мероприятиям.

5. Провести регистрацию приборов контроля токсичности и дымности, диагностического оборудования, организовать периодическую государственную проверку средств измерений.

Произвести перегруппировку контрольно-диагностического оборудования и приборов, их концентрацию на наиболее крупных специализированных АТП или на автономных диагностических станциях. Подвижной состав небольших предприятий отдельных автоколонн и гаражей прикрепить на контрольно-диагностическое обслуживание двигателей к крупным АТП и диагностическим станциям.

6. Разработать положение о стимулировании работников, связанных с контролем, диагностированием и техническим обслуживанием двигателей с учетом конечного результата их деятельности — обеспечения выполнения требований стандартов по токсичности и дымности. Там же учесть меры ответственности за невыполнение планов природоохранных мероприятий.

7. Организовать сеть обучения и повышения квалификации различных категорий работников автомобильного транспорта, представителей общественных организаций и Госавтоинспекций по программе «Снижение токсичности двигателей на автомобильном транспорте».

Разработать программы обучения по повышению квалификации работников контрольно-диагностических постов, участков технического обслуживания двигателей, цехов топливной аппаратуры АТП, групп контроля токсичности с учетом существующего типажа автомобилей, приборов и оборудования, имеющих на предприятиях.

Примечание. План должен предусматривать порядок обслуживания владельцев личных автомобилей и транспортных средств, принадлежащих негосударственным организациям, фермерам и другим частным лицам.

13. ПРИМЕНЕНИЕ АЛЬТЕРНАТИВНЫХ ТОПЛИВ

Применение в ДВС новых видов топлива ненефтяного происхождения позволяет в ряде случаев разрешить не только энергетическую проблему, но и целый ряд социально-экологических вопросов, связанных со снижением токсичности ОГ. Для дизелей в качестве перспективных рассматриваются газообразные топлива, и в первую очередь природный газ, сжиженные газы и спиртовые топлива (метанол, этанол). На более далекую перспективу рассматриваются в качестве топлива кислород, биогаз и каменноугольная пыль. Применение новых, нетрадиционных видов топлива на автотракторных дизелях связано, как правило, с решением вопросов по организации рабочего процесса, регулирования и дозирования, хранения, заправки и др. Ниже более подробно изложены материалы, относящиеся к двум основным видам топлив — сжато-му природному газу и метанолу, которые уже сейчас можно применять в автотракторных дизелях при незначительных переделках конструкции ба-

зовых двигателей и использовании существующего отечественного газового оборудования.

Применение природного газа. Способ воспламенения газового топлива дозой запальной жидкого топлива был запатентован Р. Дизелем еще в 1898 г. Практически газовое топливо в транспортных двигателях начали применять в 30-х годах нашего столетия, но тогда на первое место выдвигалась задача перевода дизелей на генераторный газ. В середине 60-х годов были созданы газодизельные двигатели и их модификации. Однако перевод на природный газ дизелей малой размерности не получил распространения. Практически не изучены вопросы снижения токсичности ОГ дизелей при работе на природном газе.

В последнее время интерес к использованию природного газа в дизелях возрос в связи с необходимостью экономии нефтяного топлива. Вместе с тем применение газа существенно снижает в ОГ содержание сажи.

КамАЗ выпускает автомобили с газобаллонным оборудованием, работающие по газодизельному процессу на сжатом природном газе, планируется выпуск газобаллонных автомобилей МАЗ, КрАЗ, а также Ликинским и Львовским автобусными заводами. В Кировском сельскохозяйственном институте создана модификация трактора Т-25А с системой питания, модернизированной для работы на сжатом природном газе. Также планируется создание модификаций газобаллонных тракторов МТЗ-80, МТЗ-100 и Т-150К, работающих на природном газе.

Методы подачи газа. Сжатый природный газ (СПГ) смешивается с воздухом в смесителе-дозаторе, установленном на впускном трубопроводе, и поступает в цилиндр дизеля. Жидкое топливо подается через штатную топливную систему в конце такта сжатия. На базе такого дизеля возможно создание газового двигателя, в котором в цилиндры подается газ, а воспламенение происходит с помощью свечи зажигания. Преимущество газового двигателя заключается в возможности работы полностью на газе, исключив жидкое топливо, а недостаток — в необходимости серьезных конструктивных изменений.

В то же время для перевода работы дизеля на СПГ с воспламенением от запальной порции дизельного топлива (ДТ) при газодизельном или газожидкостном процессе не требуются значительные переделки и перерегулировки двигателя. Степень сжатия дизеля, как правило, остается неизменной. Экспериментально подбираются оптимальные регулировки установочного угла опережения впрыскивания топлива и подачи запальной порции ДТ, которая может оставаться постоянной или меняться в зависимости от частоты вращения и нагрузки. Изменения в регуляторе относятся в основном к конструкции привода дроссельных заслонок, установке ограничителей подачи запальной ДТ и переключателей вида топлива. В таком состоянии газо-

жидкостный дизель одинаково пригоден для работы как на СПГ с запальной порцией ДТ, так и по чисто дизельному процессу, что является одним из существенных преимуществ модернизации. Этот способ замещает на номинальном режиме до 80% ДТ и требует двух систем питания (для ДТ и СПГ).

Для обеспечения среднесуточного пробега автомобиля или трактора системы питания СПГ тяжеловесны, так как в их состав входят стальные баллоны. Давление СПГ в таких баллонах до 32 МПа, объем каждого из баллонов 40...50 л, масса 70...90 кг.

Сопоставляя способы перевода двигателей на СПГ, следует отметить, что применительно к четырехтактным автотракторным дизелям наиболее простым и экономичным, позволяющим применять СПГ не только на вновь проектируемых, но и на уже находящихся в эксплуатации, является способ работы дизеля по газодизельному процессу и подачи газа на такте впуска во впускной трубопровод с воспламенением газозооушной смеси от запальной порции ДТ, направляемой штатной топливной аппаратурой в конце такта сжатия.

Влияние подачи природного газа на рабочий процесс и токсичность отработавших газов. Анализ мощностных и экономических показателей работы дизеля Д-21А1 при подаче газа в зависимости от нагрузки показывает, что величина запальной порции ДТ не изменяется и составляет 0,9 кг/ч, или 20% расхода по дизельному процессу; 80% ДТ замещается природным газом. Эффективный КПД снижается на 0,2...0,3 единицы. На номинальной нагрузке снижается температура ОГ и α , что свидетельствует об улучшении использования воздуха, поступившего в цилиндр.

Результаты измерения содержания токсичных компонентов в ОГ дизеля при работе на газе в зависимости от нагрузки показывают, что содержание NO_x снижается при работе по газодизельному процессу на малых нагрузках и выравнивается с дизельным процессом при $p_e > 0,55$ МПа. Содержание сажи снижается в ОГ при работе на газе существенным образом во всех диапазонах нагрузки, особенно вблизи номинальных. Так, если содержание сажи в ОГ при дизельном процессе составляет на максимальной нагрузке 2,5 ед. по шкале Боша, то при переходе на газодизельный процесс содержание сажи в ОГ не превышает 0,1...0,2 ед. Содержание СО в ОГ при малых нагрузках достигает при газодизельном процессе 1,3%, но при значении $p_e = 0,56$ МПа становится равным содержанию СО в ОГ дизельного процесса. Содержание токсичных компонентов в ОГ дизеля Д-21А1 при работе на газе в зависимости от частоты вращения снижается для NO_x и сажи во всем диапазоне частот вращения.

Модернизация трактора Т-25А для работы на сжатом природном газе. В Кировском СХИ создан опытный образец трак-

тора Т-25А с системой питания, модернизированной для работы на сжатом природном газе. При разработке трактора использовалась серийно выпускаемая газовая аппаратура от газобаллонных автомобилей ЗИЛ-138А и ГАЗ-53-27. Общий вид трактора представлен на рис. 13.1.

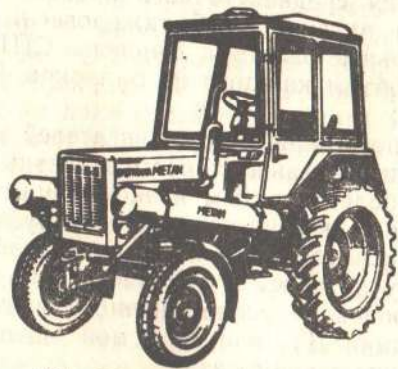


Рис. 13.1. Общий вид трактора Т-25А, переоборудованного для работы на сжатом природном газе

Два баллона из легированной стали вместимостью 50 л и массой по 70 кг каждый заполняются природным газом под давлением 20 МПа. Запаса газа хватает на 7 ч работы. В кабине трактора установлены дополнительно два элемента газовой системы: манометр, показывающий давление в газовом редукторе при включении подачи газа, и тумблер, переключающий виды топлива. Дозатор топливного насоса фиксируется одним электромагнитным клапаном при установке переключателя в кабине трактора в положение «Газ», одновременно второй клапан открывает подачу газа в газовый редуктор. Тяга, соединяющая регулятор топливного насоса с заслонкой газового смесителя, перемещает ее в зависимости от положения рычага управления подачей топлива в кабине трактора и заданного таким образом скоростного режима, регулируя подачу газа. Таким же образом регулируется и нагрузка двигателя.

На трактор устанавливаются также редуктор, трубопроводы высокого и низкого давления, вентили и другая аппаратура. Испытания модернизированного трактора в условиях Кировской области показали возможность широкого использования таких тракторов в хозяйствах, расположенных вблизи газонаполнительных станций, животноводческих комплексах, теплицах, складах минеральных удобрений и других сельхозпомещениях с ограниченным воздухообменом, где необходимо выполнять требования по снижению загрязнения атмосферного воздуха рабочей зоны, а также в предприятиях коммунального хозяйства городов и поселков.

Газодизели в нашей стране и за рубежом. В послевоенные годы увеличилось число работ, направленных на перевод дизелей для работы по газодизельному процессу. Так, для речных теплоходов, оборудованных газогенераторными установками, выпускались газодизели ЗД6-ГД; для стационарных и передвижных установок выпускался дизель 1Д6-ГД.

Модернизация дизелей В2 закончилась созданием газодизелей В2-300ГД и В2-450ГД. Для тепловозов был создан газодизель на базе дизеля Д-50, для буровых установок — ГД-700.

Работ по переводу дизелей тракторов и автомобилей на СПГ, закончившихся созданием опытных партий газодизелей, прошедших широкие эксплуатационные испытания, у нас до настоящего времени не проводилось. Вместе с тем планируется перевести на природный газ 213 тыс. автомобилей, из них 82 тыс. с дизелями.

Ведущее положение за рубежом в области применения СПГ в качестве моторного топлива для автотранспорта занимает Италия. Ведутся серьезные работы по использованию природного газа в качестве топлива в ФРГ, Франции, Канаде, США, Нидерландах, Японии и других странах.

В Новой Зеландии осуществляется программа перевода до 500 000 автомобилей на СПГ, что позволит сократить на 30... 50% импорт нефти. Создается широкая сеть автомобильных газонаполнительных компрессорных станций.

Канадские специалисты предполагают, что в ближайшие 10 лет в Канаде можно перевести на газ до 500 000 автомобилей.

Во Франции в ближайшее время планируется существенно повысить рост доли природного газа в общем энергетическом балансе страны.

Применение метанола. Возможность использования метанола в качестве топлива для автотракторных дизелей обуславливается в первую очередь тем, что метанол может быть получен из любого газообразного топлива, а также из пищевых и сельскохозяйственных отходов. Метанол (метиловый спирт CH_3OH) можно отнести к возобновляемым источникам энергии, его в значительных количествах синтезируют из CO и H_2 .

Он является весьма токсичным соединением, так как в организме человека превращается в формальдегид и муравьиную кислоту. Применению в дизелях метанола в чистом виде препятствует ряд обстоятельств. Цетановое число метанола не превышает 5 вместо 50 у ДТ, т. е. метанол имеет низкую склонность к самовоспламенению. Кроме того, у метанола низкая теплота сгорания (19 665 вместо 42 530 кДж/кг для ДТ, а теплота испарения 1109 (у ДТ — 251) кДж/кг. Температура воспламенения метанола 470°C , а ДТ — всего $200 \dots 220^\circ\text{C}$. Температура вспышки 11°C , т. е. ниже, чем у ДТ (75°C). Вместе с тем октановое число метанола около 110...115 единиц по ис-

следовательскому методу, т. е. он обладает высокой детонационной стойкостью, меньшей плотностью, равной 791 кг/м^3 (при плотности ДТ — 830 кг/м^3), высокой температурой кипения. Теплота сгорания горючей смеси у обоих топлив практически одинакова: $2,76 \text{ МДж/кг}$ у метанола и $2,77 \text{ МДж/кг}$ у ДТ. Для обеспечения одинакового запаса хода автомобиля или тракторы должны снабжаться топливными баками, примерно в 2,3 раза большими по объему.

Эти данные свидетельствуют о том, что дизель на чистом метаноле вследствие низкой склонности к самовоспламенению может работать только после конструктивных изменений. Для улучшения воспламенения метанола в дизеле возможно применение принудительного зажигания, присадок, инициирующих горение и т. д. Все это требует серьезных исследовательских и конструкторских работ.

Подача метанола может быть осуществлена различными способами (рис. 13.2). Основные методы подачи метанола в ди-

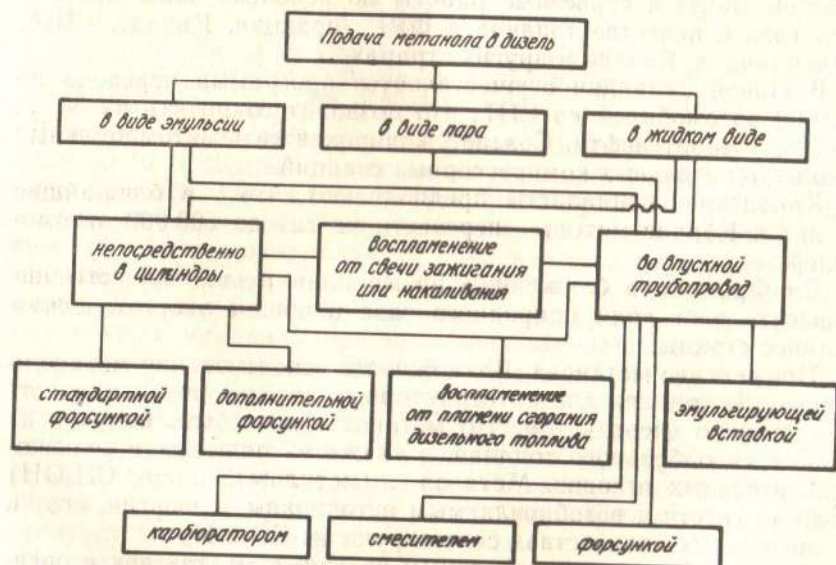


Рис. 13.2. Структурная схема способов подачи метанола в дизель

зель: в жидком виде, в виде топливной эмульсии (смесь метанола и ДТ), в виде пара. Подача метанола во впускной трубопровод не требует применения сложной аппаратуры, позволяет более полно использовать воздух в цилиндре, что повышает тепловую эффективность сгорания горючего заряда.

Метанол можно также подавать непосредственно в цилиндр дизеля в виде эмульсии и в жидком виде с помощью насоса и форсунки. Количество подаваемого метанола и степень измене-

ния конструкции дизеля также могут быть различны. На дизель в зависимости от способа подачи и воспламенения метанола можно устанавливать систему зажигания, свечи накаливания или зажигания, дополнительные форсунки, двойной комплект топливной аппаратуры.

Анализ работ, проводимых за рубежом по исследованию возможности применения метанола в качестве топлива для дизелей, позволяет сделать вывод о том, что они ведутся в различных направлениях, начиная от создания новых моделей дизелей, разработанных специально для работы на метаноле, и кончая модернизацией дизелей, выпускающихся серийно.

Исследованиями установлено, что подача метанола на впуске дизеля в объеме 15 и 30%, расхода основного топлива не повышает содержание токсичных компонентов в ОГ, а содержание сажи даже несколько снижается.

Факторы, влияющие на содержание токсичных компонентов в ОГ, мало чем отличаются один от другого. Общие закономерности сохраняются: с увеличением доли подачи метанола суще-

Таблица 13.1

Влияние подачи метанола на экономичность дизеля

Параметр	Значение параметра при нагрузке двигателя, %				
	25	50	75	100	
Изменение расхода смеси при различных добавках метанола, %:	10	2,7	2,7	2	0
	30	8,3	12,9	15,3	12,7
	50	25	25	27,3	23,4
Изменение расхода дизельного топлива при различных добавках метанола, %:	10	5,6	7,4	7,3	8,7
	30	11,3	13,9	14	16,3
	50	18,3	20,4	21,3	26

ственно снижается содержание NO_x в ОГ, а концентрация C_xH_y резко увеличивается, особенно на малых нагрузках, где подача метанола достигает 80%.

Если содержание NO_x при подаче метанола снижается на величину от 10 до 100%, то содержание C_xH_y увеличивается по сравнению с дизельным процессом в 2...2,5 раза при больших нагрузках и до 12 раз при малых при подаче 80% метанола независимо от способа его впрыскивания.

Подача метанола на впуске дизеля в виде пара в диссоциированном виде. Метанол можно вводить во впускной трубопровод не в жидком виде, а в виде продуктов его разложения — водорода и оксида углерода ($\text{CH}_3\text{OH} \rightarrow 2\text{H}_2 + \text{CO}$). При подаче продуктов разложения метанола было достигнуто улучшение экономических показателей (табл. 13.1).

Вследствие почти вдвое меньшей теплоты сгорания метанола по сравнению с ДТ, при его добавлении по массе в пределах 10...50% расход рабочей смеси увеличился при одновременном снижении расхода ДТ. Характер нагрузочных токсических характеристик по саже, CO , C_xH_y и NO_x по сравнению с дизельным процессом практически не изменился. Вместе с тем концентрация сажи в ОГ снизилась в 3 раза во всем диапазоне располагаемых нагрузок при добавлении 50% метанола. Несколькo увеличилось содержание CO . Концентрации NO_x остались без изменений, а концентрации C_xH_y — уменьшились в 4...5 раз в области средних нагрузок, оставаясь (в первом приближении) без изменений на нагрузках, близких к холостому ходу и номинальной нагрузке. Изменения пусковых характеристик не замечено.

Технико-экологические показатели могут быть улучшены корректировкой на оптимум угла опережения впрыскивания топлива, применением каталитических нейтрализаторов. При установке на машину или агрегат дизель с отдельной подачей жидкого топлива и продуктов разложения метанола может эксплуатироваться как на традиционном топливе, так и с его присадкой без изменения регулировок.

Применение метанола для дизелей за рубежом. В США прорабатываются варианты решения топливной проблемы, и в том числе применения в дизелях метанола. Замена ДТ на метанол позволила бы устранить все более обостряющуюся проблему твердых частиц в атмосфере. Полный перевод транспорта на метанол привел бы, как считается, к частичному восстановлению слоя озона в атмосфере. Стоимость метанола сопоставима (по энергетическому критерию) со стоимостью легкого нефтяного топлива. Предполагается, что к 2000 г. стоимость легкого нефтяного топлива в США возрастает настолько, что питание ДВС метанолом станет экономически выгодным.

Имеются сведения о результатах стендовых и дорожных испытаний грузового автомобиля с дизелем, у которого метанол подавался во впускной трубопровод через эмульгирующую вставку в количестве 30%. При этом возрастал КПД дизеля и снижалась токсичность ОГ. Пуск дизеля осуществлялся на ДТ, а перед остановкой подача метанола прекращалась заранее.

При подаче метанола во впускной трубопровод с помощью карбюратора у четырехтактного четырехцилиндрового дизеля заменялось до 32% дизельного топлива. Дорожные испытания, проведенные на микроавтобусе с контрольной нагрузкой при

постоянных скоростях движения, показали, что при скорости 30...40 км/ч удельный расход энергии оказался одинаковым при работе с метанолом и без него, а при скорости 50...60 км/ч

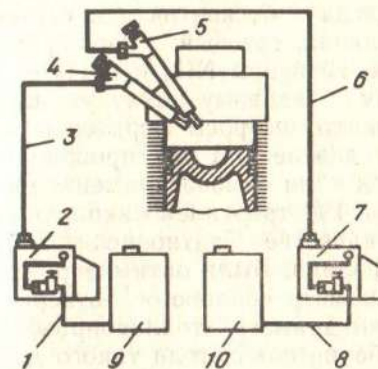


Рис. 13.3. Принципиальная схема двойной системы топливоподачи в цилиндры двигателя: 1; 3 — топливопроводы низкого и высокого давления для подачи ДТ; 2; 7 — ТНВД для подачи ДТ и метанола; 4; 5 — форсунки для ДТ и метанола; 6; 8 — топливопроводы высокого и низкого давления для подачи метанола; 9; 10 — топливные баки

имелась экономия до 4,4% при работе дизеля с метанолом, которым замещалось от 8 до 44% дизельного топлива.

Фирма «Даймлер—Бенц» создала на базе газового варианта дизеля с неразделенной КС двигатель для работы на метаноле, предварительно испаренном в теплообменнике, оборудованный искровой системой зажигания.

Фирма «Комацу» (Япония) и Юго-Западный исследовательский институт (США) провели анализ работы одноцилиндрового отсека дизеля с объемом 1,08 л, степенью сжатия, равной 16, на чистом метаноле и эмульгированной смеси метанола и 20% дизельного топлива. Для воспламенения смеси использовалась серийная свеча зажигания, длительность искрового разряда регулировалась механическим прерывателем.

Для самой массовой модели дизеля фирмой «Катерпиллар» разработан способ организации процесса сгорания, обеспечивающий использование в качестве топлива чистого метанола. Поскольку воспламенение метанола наблюдалось только при нагрузках, превышающих 60% от максимальных, была использована свеча накаливания. Вторым фактором, обеспечивающим стабильность воспламенения метанола, стало введение в форсунку центрального распылительного отверстия, направляющего струю топлива на штифт, установленный на днище поршня.

Формирующаяся при ударе струи о поверхность штифта зона топливно-воздушной смеси с благоприятным для воспламенения составом охватывает при этом не только область свечи накаливания, но и центральную зону КС, пересекая таким образом струи топлива от боковых распыливающих отверстий форсунки. Очаг воспламенения от свечи накаливания на любой нагрузке быстро распространяется на всю КС. Эта особенность процесса сгорания способствует снижению выброса с ОГ C_xH_y .

Фирма «Даймлер—Бенц» модернизировала дизель с числом цилиндров 6, объемом 11,4 л, со степенью сжатия 11,5 для работы на парах метанола при принудительном воспламенении. В процессе модернизации были заменены поршни, вместо системы впрыскивания ДТ установлена бесконтактная система зажигания, генератор паров метанола, газовый карбюратор-смеситель, система регулирования. Выбросы NO_x и C_xH_y с ОГ при испытании по 13-ступенчатому ездовому циклу уменьшились на 25%, дымление отсутствовало, выбросы формальдегида уменьшились в 3,5...14 раз. На дизеле OM 407 проводились исследования по влиянию присадок на самовоспламеняемость метанола. В метанол добавлялось 4% триэтиленгликольдинитрата и 1% касторового масла. В качестве антиокислительной присадки добавлялось 0,02% морфолина. Были оптимизированы угол впрыскивания метанола, диаметр соплового отверстия штифтовой форсунки, внутренний диаметр топливопроводов. В результате установлено, что рабочие показатели такого дизеля сопоставимы с прототипом и на 20...25% лучше дизеля, работающего на парах метанола. Выбросы NO_x на 50% меньше, чем при работе с ДТ. ОГ практически не содержат сажи, и применение каталитического нейтрализатора окислительного типа позволяет снизить выбросы СО до нуля, а C_xH_y — на 95%. Недостатком является высокая стоимость метанола с присадками.

Данные по износу дизелей, работающих на метаноле, несколько противоречивы, однако по результатам стендовых испытаний, проведенных фирмой МАН в течение нескольких тысяч часов, вопросов, связанных с повышенным износом деталей дизеля или топливной аппаратуры, не возникает.

Из отечественных проектов представляет интерес газодизельный процесс с использованием штатной топливной аппаратуры, разработанный кафедрой термодинамики и тепловых двигателей Университета дружбы народов имени П. Лумумбы (Москва).

Такие системы предназначены для дизелей Д-240, ЯМЗ-236, КамАЗ-740. Результаты сравнительных испытаний дизеля ЯМЗ-238 и газодизеля по нагрузочной и скоростной характеристикам по дымности ОГ и расходу топлива показали, что газодизель имеет низкую дымность ОГ практически на всех режимах работы при расходе сжиженного газа, равном 10...21% расхода дизельного топлива.

Дымность ОГ автомобиля КраЗ-256 при работе двигателя по газодизельному циклу с внутренним смесеобразованием на всех режимах работы дизеля не превышала 25% по шкале дымомера «Хартридж».

В качестве альтернативы дизельному топливу наряду с сжатым и сжиженным газом, водородом, метанолом, этанолом, другими спиртами, достаточно серьезно рассматриваются и растительные масла (подсолнечное, рапсовое и др.). Массовое

использование растительных масел потребует применения модифицированной топливной аппаратуры. Особенно перспективно использование масел в труднодоступных районах, в фермерских хозяйствах и т. д. По данным зарубежных и отечественных исследований при применении рапсового масла в качестве топлива в среднем на 20...30% уменьшается выброс оксидов азота, а выброс продуктов неполного сгорания (CO , C_xH_y , С) на малых и средних нагрузках увеличивается в 2...3 раза. При работе дизеля на рапсовом масле при больших нагрузках содержание CO и C_xH_y близко к их содержанию в ОГ при работе на дизельном топливе, а выброс сажи уменьшается в 3...4 раза, что, с учетом меньшего содержания оксидов азота дает основание для отработки варианта применения растительных масел при работе дизелей на больших нагрузках как эффективного средства снижения токсичности ОГ дизелей, особенно в сочетании с применением каталитических нейтрализаторов.

Применение водорода. Создание водородного двигателя требует обеспечения высокой эффективности рабочего процесса, разработки и применения систем хранения водорода на борту автомобиля. По этим причинам предпочтение в большинстве случаев отдается внешнему смесеобразованию, при котором давление водорода перед дозирующей системой не превышает 0,5 МПа. С учетом необходимости исключения обратных вспышек в системе впуска двигателя целесообразна непрерывная подача водорода во впускной коллектор (в зону под впускным клапаном). При таком способе смесеобразования в первый момент после открытия клапана в цилиндры поступает богатая водородом низкотемпературная смесь, что исключает возможность обратной вспышки.

Специалистами двух научно-исследовательских институтов описанные принципы реализованы на двигателе УМЗ-451 МП автопогрузчика мод. 4092; однако говорить о внедрении его в практику двигателестроения преждевременно, поскольку на этом пути есть многие технические и иные трудности и препятствия.

Оптимальная величина угла опережения зажигания для водородного двигателя не зависит от скоростного режима и определяется только нагрузкой. В этой связи в распределителе зажигания вместо центробежного корректора угла опережения установлен вакуумный корректор для работы пускового устройства, которое приводится в действие соленоидом, подключенным параллельно обмотке стартера.

Наиболее приемлемым способом хранения водорода на борту автомобиля оказалось накопление его в обратимых металлгидридах-аккумуляторах. Такой аккумулятор заправляется в результате химической реакции газообразного водорода с интерметаллическим сплавом и образования твердого раствора водорода в металлах. Этот способ достаточно безопасен,

поскольку исключается возможность взрыва даже при механическом разрушении гидридного аккумулятора.

По результатам испытаний установлено, что перевод на водород снижает выброс оксидов азота с ОГ в 1,5 раза, а содержание в ОГ оксида углерода и углеводородов, практически исключено (табл. 13.2).

Таблица 13.2

Результаты испытаний водородного двигателя, % содержания вредных примесей в ОГ

Вредные примеси в отработавших газах	Топливо	
	Бензин	Водород
Оксид углерода на режиме холостого хода	1,8	0
Оксиды азота на режиме холостого хода	0,016	0
Оксид углерода по циклу	2,7	Следы
Оксиды азота по циклу	0,086	0,057
Углеводороды по циклу	0,12	Следы

Недостатками описанной системы питания водородом являются малый запас хода (до 2 ч) и снижение мощности двигателя на 30%. Наиболее перспективно ее применение на транспорте, работающем в местах с ограниченным воздухообменом (в складских помещениях, в животноводческих комплексах и т. п.).

14. РАЗНЫЕ ПРОБЛЕМЫ

Электромобили. Широкое использование электродвигателей для автомобилей позволит разрешить проблему существенного снижения загрязнения атмосферного воздуха вредными веществами, выбрасываемыми с отработавшими газами двигателей, работающих на нефтяных топливах.

Успехи в создании электромобилей зависят в основном от прогресса в разработках надежных и долговечных источников тока, размещаемых на борту этих транспортных средств. Наиболее перспективными являются сернонатриевые аккумуляторные батареи и электрохимические генераторы (топливные элементы), использующие в качестве топлива жидкие углеводороды (например, метанол), а в качестве окислителя — кислород атмосферного воздуха. В настоящее время некоторые зарубежные фирмы достигли в обоих этих направлениях значительных успехов, изготовлены образцы тяговых сернонатриевых аккумуляторных батарей, а их работоспособность доказана на реальных электромобилях в нескольких странах. За рубежом также проводятся эксплуатационные испытания стационарных энерге-

тических установок на топливных элементах, работающих с фосфорнокислым электролитом при температуре 150...200° С. Наряду с созданием энергетических установок для стационарной энергетики рассматриваются и возможности использования их для электромобилей.

В России созданы аккумуляторные элементы (но не тяговые батареи) сернонатриевого типа, ведутся работы по топливным элементам со щелочным электролитом. Следует отметить, что в России (а ранее — в СССР) значительно позже, чем в западных странах и в Японии была осознана необходимость борьбы с вредными выбросами автотранспортных средств. В результате в нашей стране, как уже отмечалось выше, продолжает широко использоваться этилированный бензин, нормы содержания вредных веществ в отработавших газах существенно выше, чем принятые на Западе и в Японии, не хватает приборов для контроля токсичности и дымности и т. д.

Положение еще более осложняется рядом причин экономического и организационного характера.

Снижение токсичности отработавших газов на мотороиспытательных станциях. После введения инвентаризации источников вредных выбросов в промышленности возникла серьезная проблема снижения токсичности ОГ на мотороиспытательных станциях (МИС), находящихся в городской черте, а также на АТП (как от передвижных автотранспортных средств, так и от находящихся на их территории МИС, обкаточных, регулировочных, диагностических участков).

Для сокращения вредных выбросов от ДВС на МИС в системах выпуска ОГ устанавливаются (в зависимости от требований), каталитические, жидкостные нейтрализаторы, сажевые фильтры, электрофильтры. Все эти очистные устройства обеспечивают очистку ОГ от оксида углерода, углеводородов, альдегидов, бенз(а)пирена, сажи, масляных аэрозолей, снижают шум, слезоточивое действие отработавших газов.

Общими требованиями при установке перечисленных устройств являются сохранение предельной величины противодавления в системе выпуска (до 600...900 мм вод. ст. для наддувных и 1000...1300 мм вод. ст. для безнаддувных ДВС), высокая эффективность, простота обслуживания, долговечность и т. д., а также пожаробезопасность. В связи с большой длиной трубопроводов в системах выпуска МИС они снабжаются вытяжными системами вентиляции. По каждому из перечисленных очистных устройств дана информация в соответствующем разделе этой книги, а также в приложениях.

Для снижения выброса оксидов азота дополнительно применяются на МИС малотоксичные режимы обкатки двигателей, малотоксичные регулировки двигателей, подача воды на впуске, водно-топливные эмульсии, системы рециркуляции, что также отражено в соответствующих разделах книги.

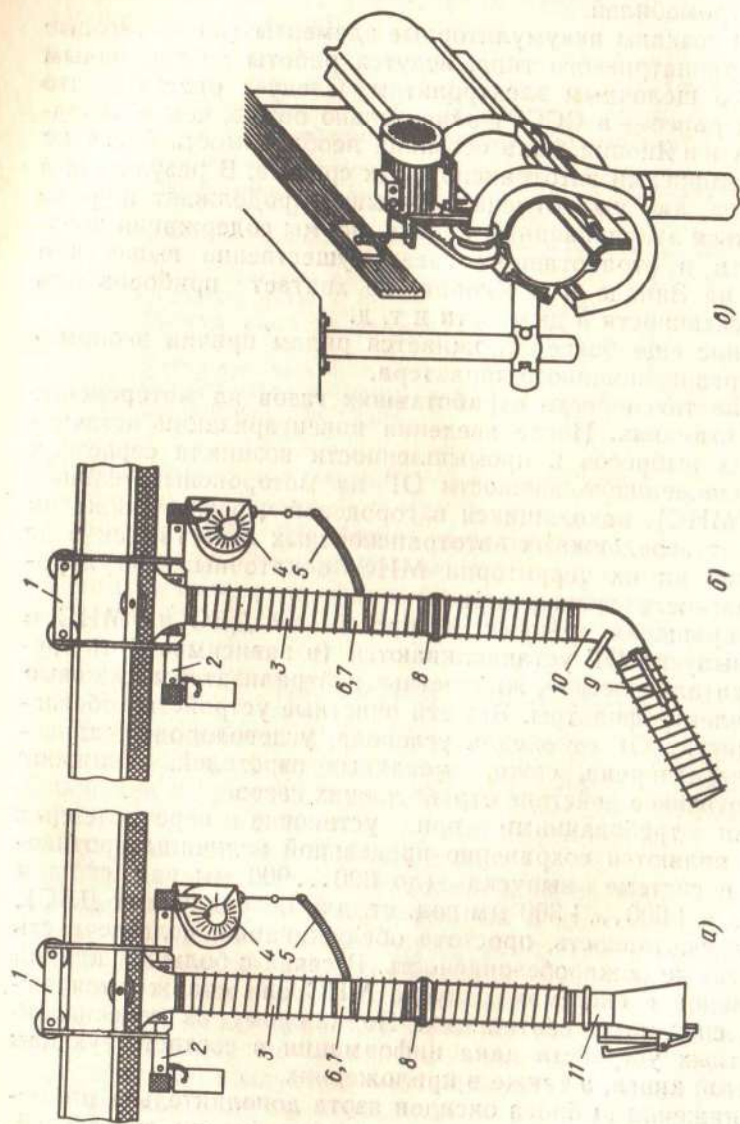


Рис. 14.1. Гибкая система отсоса ОГ: а — с вертикальным отсосом; б — с боковым отсосом; в — конструкция каретки с электроприводом; 1 — каретка; 2 — переходник; 3 — тканевый шланг; 4 — витой ролик; 5 — удлинитель (пружина); 6, 7 — навесное кольцо и навесной ремень; 8 — соединительный элемент; 9 — крепежный элемент; 10 — насадка с ручкой; 11 — резиновая цанга

При применении малотоксичных режимов обкатки режимы работы двигателя на средних и повышенных нагрузках следует заменять на малонагруженные режимы и режимы холостого хода, при которых уменьшается выброс оксидов азота и твердых частиц. Ограничением применения перечисленных мероприятий являются требования по качеству обкатки, которое не должно снижаться.



Рис. 14.2. Общий вид автосборочного конвейера с гибкой системой отсоса ОГ

Практический интерес представляют гибкие системы отсоса загрязняющих веществ из производственных помещений, конвейеров по производству автомобилей, основу которых составляют гофрированные шланги, с одной стороны прикрепляемые к выпускным трубам собираемых на конвейерах автомобилей, а с другой — перемещающиеся на специальных каретках с электроприводом и с универсальным устройством для намотки шлангов (рис. 14.1; 14.2).

От индивидуальных отсосов ОГ отработавшие газы выбрасываются в атмосферу после дополнительной очистки.

ПРИЛОЖЕНИЯ

(печатаются исключительно для справочных целей
и не могут служить в качестве документов
при решении правовых или финансовых вопросов)

Приложение 1

Список городов и поселков городского типа
с преобладающим (более 50%) вкладом выбросов
автотранспортом в валовой выброс (1988 г.)

Город	Вклад выбросов автотранспортом, %	Город	Вклад выбросов автотранспортом, %
Небит-Даг	98,7	Кишинев	76,2
Ташауз	96,5	Джизак	76,2
Бугульма	95,5	Елизово	76,2
Гулистан	92,9	Чарджоу	76,1
Дербент	91,6	Майкоп	75,4
Ленинабад	91,1	Тосно	75,0
Альметьевск	90,9	Армавир	74,5
Евпатория	90,6	Кустанай	74,1
Сочи	90,4	Кара-Балта	73,9
Ужгород	90,4	Димитровград	73,8
Анапа	89,8	Черновцы	73,6
Псков	89,4	Жуковский	73,0
Уральск	88,7	Полтава	85,0
Ялта	88,6	Белебей	84,7
Борисоглебск	88,0	Тында	84,6
Нахичевань	87,6	Кисловодск	84,1
Элиста	87,6	Симферополь	84,0
Эссенуки	87,5	Курган-Тюбе	83,5
Степанакерт	87,4	Луцк	83,4
Кола	87,4	Ивано-Франковск	82,8
Чистополь	87,2	Верхняя Пышма	82,8
Тбилиси	86,9	Андижан	82,7
Хмельницкий	86,6	Брест	82,6
Куляб	86,4	Наманган	82,6
Лабинск	86,0	Октябрьский	82,6
Сухуми	85,7	Арзамас	82,5
Ош	85,6	Нальчик	82,3
Кызыл	85,3	Батайск	82,0
Коканд	85,2	Елгава	81,0
Георгиу-Деж	79,7	Тамбов	70,1
Житомир	79,6	Палатка	69,5
Карши	79,3	Яван	69,3
Львов	79,2	Кутаиси	68,9
Ейск	78,8	Старая Русса	68,9
Токмак	78,2	Харьков	68,2
Алма-Ата	78,0	Бендеры	67,7
Ташкент	77,9	Горно-Алтайск	67,7
Винница	77,8	Лодейное Поле	66,7
Тарту	77,8	Белореченск	66,5
Самарканд	77,4	Севастополь	66,4
Рузаевка	77,3	Брянск	66,1
Ереван	77,1	Тюмень	65,9
Пятигорск	77,1	Кокчетав	65,4
Киев	77,6	Краснодар	65,4
Сальск	76,4	Зеленодольск	65,1
Воронеж	76,3	Нефтекамск	72,9

Продолжение прил. 1

Город	Вклад выбросов автотранспортом, %	Город	Вклад выбросов автотранспортом, %
Орехово-Зуево	72,6	Выборг	61,7
Ашгабат	72,5	Одесса	61,6
Махачкала	72,5	Курск	61,6
Рига	72,4	Дивногорск	61,5
Смоленск	72,3	Санкт-Петербург	61,1
Москва	71,7	Мары	60,6
Гатчина	71,7	Минеральные Воды	60,5
Ростов-на-Дону	71,4	Биробиджан	60,4
Душанбе	71,3	Орел	60,1
Долгопрудный	71,3	Умань	59,9
Пржевальск	71,3	Юрмала	59,6
Тернополь	71,1	Ровно	59,5
Бор	70,5	Томск	59,2
Абай	70,4	Нукус	58,9
Шяуляй	70,3	Кировоград	58,8
Калуга	70,2	Тихвин	58,7
Лида	57,9	Тобольск	54,5
Валмиера	57,7	Сыктывкар	54,4
Измаил	57,6	Полоцк	54,0
Новошахтинск	57,3	Казань	54,0
Верхняя Салда	57,1	Екатеринбург	53,9
Клайпеда	57,0	Благовещенск	53,6
Батуми	56,8	Лесозаводск	53,6
Ялуторовск	56,7	Миусинск	53,5
Азов	56,2	Кострома	53,3
Абакан	55,9	Гродно	52,9
Усть-Омчуг	55,9	Кировоград	52,9
Каунас	55,6	Бельцы	52,8
Саранск	55,4	Шевченко	52,7
Гомель	55,3	Зестафони	52,7
Волковск	54,9	Белая Калитва	52,5
Луга	54,8	Минск	52,4
Якутск	64,9	Вичуга	52,3
Талды-Курган	64,9	Владимир	52,2
Николаев	64,6	Пинск	52,2
Узловая	64,5	Витебск	51,8
Барановичи	64,4	Ижевск	51,7
Юрга	64,4	Тверь	51,7
Бухара	63,9	Шахты	51,6
Сафоново	63,7	Астрахань	50,9
Сумы	63,6	Новгород	50,7
Пярну	63,5	Приозерск	50,7
Таллинн	63,1	Павлово	50,6
Ургенч	63,1	Мурманск	50,5
Вильнюс	62,9	Кингисепп	50,5
Резекне	62,5	Гянджа	50,3
Речица	62,3	Бишкек	50,2
Тирасполь	62,1	Елец	50,2
Пенза	61,9	Канск	50,0

Перечень основных организаций и фирм,
деятельность которых связана
с социально-экологическими проблемами
автотранспортных средств

1. НАМИ, 125438, г. Москва, ул. Автомоторная, 2. Тел. 154-70-52. Разработка и изготовление систем снижения токсичности и дымности отработавших газов для карбюраторных и дизельных автотранспортных средств. Сертификация антиоксидантных систем. Проведение испытаний автомобилей на стендах с беговыми барабанами на токсичность по ездовым циклам ЕЭК ООН и США. Разработка и изготовление сажевых фильтров и нейтрализаторов — глушителей шума выпуска. Патентно-информационное обеспечение. Разработка катализаторов для очистки отработавших газов ДВС.
2. ФНИКТИД, 600029, г. Владимир, ул. Ленина, 1а. Тел. 3-72-77. Сертификационные испытания автомобильных и тракторных дизелей. Оценка дымности, содержания нормируемых токсичных веществ в отработавших газах.
3. Укравтобуспром, 290026, Украина, г. Львов, ул. Парсенкова, 10. Тел. 65-30-50. Разработка систем сажеулавливания и нейтрализации отработавших газов автобусов с функциями шумоглушения. Перевод автобусов на газообразное топливо. Перевод дизельных автобусов на газодизельный рабочий процесс. Разработка газового двигателя с турбонаддувом. Оптимизация запальной дозы топлива и угла опережения впрыска. Эжекторные системы охлаждения двигателей. Криогенные топливные системы на сжиженном газе. Разработка систем коррекции состава газовой смеси газов различных месторождений.
4. НИЦАП, 141800, г. Дмитров, 7. Моск. обл., Тел. 587-32-82 (Москва). Сертификационные испытания автотехники, в том числе по социально-экологическим показателям.
5. ЮЖНИАМ, 702607, Узбекистан, г. Пскент Ташкентской обл., Ташрыбхоз. Тел. 54-96. Испытания автомобильной и мотоциклетной техники по социально-экологическим показателям.
6. Учреждение п/я ЯО 100/3, 215700, пос. Сафоново, Смоленской обл. Изготовление нейтрализаторов для промышленных тракторов и дорожных машин по документации НАМИ.
7. НАТИ, 125040, г. Москва, ул. Верхняя, 34. Тел. 257-01-10. Решение вопросов социальной экологии тракторов при их разработке, производстве и эксплуатации. Сертификационные испытания.
8. НПФ Турботехника, 142322, п. о. Новый Быт, Чеховский р-н, Моск. обл. Тел. 546-07-55 (Москва). Снижение токсичности и дымности отработавших газов посредством введения турбонаддува.
9. НИИАТМ, 113184, Москва, Озерковская наб., 22/24. Тел. 233-57-37. Разработка материалов, применяемых при производстве автомобилей с учетом их социально-экологических показателей.
10. ВИСХОМ, 127247, Москва, Дмитровское шоссе, 107. Тел. 485-56-36. НИР и ОКР с отражением вопросов социальной экологии сельхозмашиностроения.
11. ЦНИТА, 192192, г. Санкт-Петербург, ул. Бухарская, 1. Тел. 166-69-29. Разработка и изготовление топливной аппаратуры для малотоксичных дизелей.
12. ВНИИмотопром, 142204, г. Серпухов, Моск. обл., Борисовское шоссе, 25а. Тел. 2-78-91. НИР и ОКР по социально-экологической тематике при проектировании малолитражных бензиновых ДВС.

13. ВНИИметрологической службы, 117965, г. Москва, ГСП-1, Андреевская наб., 2. Тел. 137-67-73. Метрология автотранспортной техники, узлов и агрегатов, приборов и оборудования. Информационное обеспечение.
14. МАДИ, 125829, г. Москва, Ленинградский проспект, 64. Тел. 151-64-12. НИР и ОКР в области разработки малотоксичных ДВС. Решение вопросов уменьшения шума транспорта и эксплуатации.
15. МАМИ, 105839, г. Москва, Б. Семеновская ул., 38. Тел. 369-91-70. НИР и ОКР в области разработки малотоксичного автотранспорта. Разработка законодательных документов в области социальной экологии автотранспорта.
16. Институт газа АН Украины, 252113, Украина, Киев-113, ул. Пархоменко, 39. Тел. 446-21-68. Разработка малотоксичных топлив для ДВС.
17. СКТБ катализаторов, 630058, г. Новосибирск, ул. Тихая, 1. Тел. 35-22-61. Разработка современных катализаторов, применяющихся в системах снижения токсичности и дымности ДВС.
18. УЭХК, 620065, г. Екатеринбург, П-65. Тел. 2-28-09. Разработка и изготовление каталитических нейтрализаторов на монокристаллическом носителе для легковых автомобилей.
19. ФВНИИЭМ, 143500, г. Истра, Моск. обл. Разработка электронных систем контроля и управления для современных систем снижения токсичности и дымности ДВС.
20. ИОКЭ АН Казахстан, 480100, Казахстан, г. Алматы, проспект К. Маркса, 142. Тел. 61-58-08. Разработка и изготовление катализаторов для систем снижения токсичности и дымности ДВС.
21. ИСМ АН Украины, 232153, Украина, г. Киев, Автозаводская ул., 2. Тел. 435-82-15. Разработка технологий изготовления современных керамических фильтроэлементов для систем улавливания сажи в отработавших газах.
22. ВИАМ, 107005, г. Москва, ул. Радио, 17. Тел. 366-72-56. Разработка технологий изготовления термостойких фильтрующих материалов.
23. ИГД, 620219, г. Екатеринбург, ул. Мамина-Сибиряка, 58. Тел. 5-41-92. Вопросы снижения загрязнения атмосферы карьеров.
24. ИГД им. Скопинского, 140004, г. Люберцы, Моск. обл. Тел. 553-55-24 (Москва). Вопросы контроля загрязнения атмосферы карьеров, рудников, шахт.
25. ЭНИТИ НПО НЕОРГАНИКА, г. Электросталь, Моск. обл. Тел. 75-105.
26. НИПИГОРМАШ, 620219, г. Екатеринбург, ул. Симская, 1. Тел. 25-23-03. Разработка систем очистки отработавших газов подземных машин.
27. ДжекказганНИПИЦВЕТМЕТ, 472810, Казахстан, г. Джекказган, ул. Гагарина, 6. Тел. 535-00. Разработка и изготовление систем снижения токсичности для подземных машин.
28. Самарское ПКБ, 443069, г. Самара, ул. М. Тореца, 67. Тел. 66-12-90. Изготовление систем очистки отработавших газов для ДВС.
29. ГИГХС, 140000, г. Люберцы, Моск. обл., Октябрьский проспект, 259. Тел. 554-42-46 (Москва). Разработка нейтрализаторов, катализаторов, химических поглотителей вредных веществ в отработавших газах.
30. ЭФМАГ, 125430, г. Москва, Кронштадский бульвар, д. 30, корп. 2, кв. 288. Тел. 456-20-48. Расчет ПДВ. Нейтрализаторы. Справочная информация.
31. Белорусская СХА, Кафедра «Тракторы и автомобили», 213410, Беларусь, г. Горки, Могилевская обл. Тел. 2-37-09. Снижение токсичности выбросов сельскохозяйственной техники.

32. Белорусское правление СНИД, 220619, Беларусь, г. Минск, ул. Республканская, 5а. Тел. 3-67-63.
Общие вопросы токсичности транспорта.
33. НТЦ СОВЭКОС, 109017, г. Москва, Старомонетный пер., 9. Тел. 231-50-50.
Общие вопросы токсичности транспорта.
34. МНТК «Катализатор», 630090, г. Новосибирск, проспект Академика Лаврентьева, 5. Тел. 35-02-59.
Разработка и серийное производство катализаторов для очистки отработавших газов ДВС.
35. ОНТФ РИТЦ СО АН, 644015, г. Омск, ул. Суровцева, 112. Тел. 35-13-30.
Разработка средств очистки отработавших газов ДВС.
36. «Эйкос», 480016, Казахстан, г. Алматы, ул. Нусунбекова, 32. Тел. 30-49-90.
Нейтрализаторы отработавших газов.
37. ГНП «Конверсия», 109072, г. Москва, Наб. Мориса Тореза, 24, корп. 3. Тел. 231-18-53.
Разоочистные установки.
38. НПО «Наука», 121002, г. Москва, ул. Рылеева, 20. Тел. 241-38-25.
Создание новых рабочих процессов, средств очистки ОГ.
39. НПО «Экосистема», 125239, Москва, ул. Михалковская, 63. Тел. 156-84-20.
Производство и испытания каталитических нейтрализаторов для автомобилей СуперМАЗ, КамАЗ, КрАЗ..., автобусов ЛИАЗ-5256, «Икарус», для карьерных автосамосвалов БелАЗ. Экологическая экспертиза. Информационные услуги.
40. СП «Прима», 107005, Москва, Плетешковский пер., 22. Тел. 261-26-75.
Постановка импортных газоанализаторов.
41. МП «Удас», 105264, г. Москва, ул. 5-я Парковая, Постановка алмазно-графитовой присадки к автомобильным маслам.
42. АО «ЭИнтерэко», 121019, г. Москва, Нов. Арбат, 56. Тел. 290-77-29.
Комплексные работы, связанные с применением нетоксичных топлив.
43. СП «Экосервис», 121019, г. Москва, Суворовский бульвар, 76. Тел. 921-78-92.
Вопросы снижения токсичности автотранспорта.
44. Российский экологический центр, 121019, г. Москва, ул. Нов. Арбат, 56. Тел. 290-89-54.
Вопросы снижения токсичности автотранспорта.
45. ТОО СКТЬ «Экопрогресс», 117485, г. Москва, ул. Волгина, Тел. 336-13-81.
Проведение работ по уменьшению вредных выбросов автотранспорта.
46. «Информприбор», 125252, Москва, Чапаевский пер., 14. Тел. 157-53-86.
Информация по приборам в области контроля социально-экологических характеристик автотранспорта.
47. НИИАТ, 125514, ул. Героев Панфиловцев, 24. Тел. 496-55-23.
Вопросы социальной экологии автотранспорта при его эксплуатации. Разработка нормативной документации. Контроль выбросов. Организационно-методическая помощь предприятиям по вопросам социальной экологии автотранспорта.
48. ЭКОТЕХ, 125438, г. Москва, ул. Солнечногорская, 4. Тел. 456-22-21.
Изготовление нейтрализаторов для автопогрузчиков.
49. АО ЭкоНАМИ, 125438, г. Москва, 4-й Лихачевский пер., 17а. Тел. 456-20-20.
Образовано на базе Экологического отделения НАМИ (см. функции НАМИ п. 1 настоящего перечня).
50. НПО «Комплекс», 483310, Казахстан, г. Талгар, ул. Транспортная, 2. Тел. 3-15-41.
Изготовление металлоблочных катализаторов.

51. ТОО АвЭК, 480100, Казахстан, г. Алматы, ул. Абая, 76. Тел. 42-75-03.
Разработка нейтрализаторов отработавших газов для автотранспорта.
52. РОЗ, 171260, пос. Редкино, Тверская обл. Тел. 529-27-12 (Москва).
Серийное изготовление каталитических нейтрализаторов дизелей по документации НАМИ. Изготовление катализаторов.

**Перечень разработок
в области социальной экологии автотранспорта**

1. Дизель 4СН9,5/11, предназначен для привода электрогенераторов и промышленных установок.
ЦНИДИ.
2. Газовый двигатель 6ГЧН21/21, предназначен для работы в качестве основных, резервных и аварийных источников питания электроэнергией силового оборудования на магистральных газопроводах Крайнего Севера и других объектах газовой промышленности. Номинальная мощность 500 кВт. Частота вращения коленчатого вала 1500 мин⁻¹. По своим технико-экономическим характеристикам двигатель соответствует мировому техническому уровню.
Двигатель создавался ЦНИДИ совместно с ПО «Волгодизельмаш».
3. Дизель малотоксичный, взрывобезопасный, горного подземного назначения мощностью 20 кВт, предназначен для привода малогабаритного транспортного и самоходного технологического оборудования в подземных горных выработках, в том числе в опасных по содержанию газа и пыли. Создан на базе двигателя 4СН49,5/11, разработанного ЦНИДИ совместно с Рижским дизельстроительным заводом. Отличается от базового образца общего назначения модифицированным малотоксичным рабочим процессом и наличием встроенного в выпускной коллектор каталитического нейтрализатора. Обеспечивает концентрации в отработавших газах (не более) СО — 0,07%; NO_x — 0,07%; дымность — 30%.
ЦНИДИ.
4. Система питания транспортного дизеля стабилизированной водно-топливной эмульсией, предназначена для использования на транспортном и самоходном технологическом дизельном оборудовании, работающем в подземных горных выработках и других пространствах с ограниченным воздухообменом. Обеспечивает снижение выброса сажи не менее чем в 2,5 раза, оксидов азота — в два раза. Целесообразно использовать с каталитическим нейтрализатором.
ЦНИДИ.
5. Жидкостный нейтрализатор типа «Газлифт» для очистки отработавших газов дизелей, предназначен для дизелей, используемых в подземных горных выработках и других пространствах с ограниченным воздухообменом. Обеспечивает очистку газов от водорастворимых компонентов (альдегидов, оксидов серы, высших оксидов азота) на 50...80%, от сажи — на 40...50%, снижает температуру газов на 70...90°С. Обладает низким гидравлическим сопротивлением (противодавление выхлопу не более 3 кПа). Совместная разработка ЦНИДИ с институтом «ДНИПИцветмет» (г. Джезказган).
6. Каталитический нейтрализатор-глушитель для дизелей мощностью до 180 кВт, предназначен для очистки отработавших газов от продуктов неполного сгорания топлива и для снижения шума выпуска при температурах отработавших газов более 300°С; удаляет оксид углерода и углеводороды на 80...96%.
Область применения: городские автобусы «Икарус», магистральные автопоезда.

Объем предлагаемых услуг:
адаптация нейтрализатора к конкретному типу транспортного средства;
организация совместного производства;
поставка готовой продукции.
Экологическое отделение НАМИ.

7. Система снижения токсичности отработавших газов для дизельных автопогрузчиков грузоподъемностью 2 т, предназначена для очистки отработавших газов от продуктов неполного сгорания топлива, снижения уровня шума выпуска и искрогашения. Система включает в себя каталитический окислительный нейтрализатор и двухступенчатый циклонный искрогаситель, объединенные в одном корпусе. Система при температуре отработавших газов 300°С и выше дожигает оксид углерода и углеводороды на 80...95%, задерживает раскаленные частицы размером 0,5 мм и более на 95%. Система устанавливается вместо штатного глушителя вертикально.

Объем предлагаемых услуг:
адаптация системы к любому дизельному автопогрузчику грузоподъемностью 1...2 т;
организация совместного производства;
изготовление и поставка небольших партий систем (до 400 шт. в год).
Экологическое отделение НАМИ.

8. Система снижения токсичности отработавших газов для дизельных автопогрузчиков грузоподъемностью 4...6 т, предназначена для очистки отработавших газов от продуктов неполного сгорания топлива, снижения уровня шума выпуска и искрогашения. Система включает в себя каталитический окислительный нейтрализатор и двухступенчатый циклонный искрогаситель. Система при температуре отработавших газов 300°С и выше, задерживает искры на 95%. Система устанавливается на автопогрузчики вместо штатного глушителя. Рабочее положение нейтрализатора любое, искрогасителя — вертикальное.

Объем предлагаемых услуг:
адаптация системы к любому дизельному автопогрузчику грузоподъемностью 4...6 т;
организация совместного производства;
изготовление и поставка небольших партий систем (до 400 шт. в год).
Экологическое отделение НАМИ.

9. Каталитический нейтрализатор для карьерного автотранспорта, предназначен для очистки отработавших газов карьерных автосамосвалов БелАЗ грузоподъемностью до 120 т, с дизелем мощностью до 1000 кВт при температурах отработавших газов более 300°С; удаляет оксид углерода и углеводороды на 80...95%. Гидравлическое сопротивление нейтрализатора — не более 4 кПа. Катализатор на металлоблочном носителе. Область применения: карьерный автотранспорт, дизель-генераторные силовые установки, тепловозные двигатели.

Объем предлагаемых услуг:
адаптация нейтрализатора к объекту, определенному заказчиком;
организация совместного производства;
поставка готовой продукции.
Экологическое отделение НАМИ.

10. Сажевый электрофильтр для дизелей мощностью до 180 кВт (в стадии разработки), предназначен для улавливания твердых частиц из отработавших газов дизелей. Состоит из корпуса, комплекта коронирующих и осадительных электродов, бортового источника высокого напряжения, системы регенерации. Эффективность улавливания твердых частиц на расчетном режиме 80%. Напряжение питания до 20 кВ;

Область применения:
транспортные средства и стационарные энергетические установки с дизелями;
предприятия и организации, имеющие станции испытания дизелей.
Экологическое отделение НАМИ, МП «Экотест».

11. Система питания двигателей внутреннего сгорания сжатым природным газом (ГД—НАМИ), обеспечивает работу автотракторных и стационарных дизелей на сжатом (сжиженном) природном газе по газодизельному циклу. В состав системы входят: газобаллонная аппаратура, обеспечивающая хранение, редуцирование, распределение и дозирование газового топлива; дооборудованная и измененная дизельная аппаратура; системы управления, регулирования и защиты двигателя. Система позволяет при максимальной простоте перехода с жидкого топлива на газообразное осуществлять работу двигателя по дизельному циклу. В газодизельном режиме до 80% дизельного топлива заменяется природным газом, дымность отработавших газов снижается в 3...5 раз, выброс твердых частиц — на 45...55%, уровень шума двигателя — на 2...4 дБ (А). Переоборудование дизеля для работы на газовом топливе не требует изменения конструкции его базовых деталей.

Область применения:
автомобильные, тракторные и стационарные дизели.
В России серийно выпускаются газодизельные грузовые автомобили КамАЗ. Опыт эксплуатации нескольких тысяч грузовых автомобилей и автобусов, оборудованных системой ГД—НАМИ, подтверждает ее эффективность и надежность.

Объем предлагаемых услуг:
продажа прав на использование изобретений и «ноу-хау»;
адаптация системы к любым видам двигателей и транспортных средств с диапазоном мощностей от 40 до 800 кВт;
проведение испытаний и доводка транспортных средств заказчика с системой ГД—НАМИ в различных климатических и дорожных условиях, техническая помощь в освоении производства;
создание совместного предприятия по доводке и производству системы.
НАМИ

12. Система очистки отходящих газов мотороиспытательных станций с расходом до 200 кг/ч, предназначена для обезвреживания отходящих промышленных газов, содержащих высокие концентрации оксида углерода, углеводородов, спиртов и других продуктов неполного сгорания. Система включает в себя электроподогреваемый каталитический нейтрализатор, водяной охладитель испарительного типа, систему подачи воздуха и систему автоматического управления и защиты. Система обеспечивает дожигание продуктов неполного сгорания с эффективностью не менее 90%, может быть использована для обезвреживания отработавших газов бензиновых двухтактных и четырехтактных двигателей на обкаточных и испытательных стендах, может быть адаптирована для очистки любых промышленных газов, подобных по составу отработавшим газам двигателей внутреннего сгорания.

Объем предлагаемых услуг:
адаптация системы к техническим требованиям Заказчика;
передача технической документации для совместного производства;
изготовление и поставка готовой продукции.
Экологическое отделение НАМИ.

13. Каталитический нейтрализатор — сажевый фильтр для городского автобуса с дизелем мощностью до 180 кВт (в стадии разработки), предназначен для находящегося в эксплуатации городских автобусов. При температурах более 300°С удаляет оксид углерода и углеводороды на 80...95%. Снижение уровня дымности на 40...60%. Область применения: городские автобусы (типа «Икарус», ЛиАЗ-5256, грузовой и коммунальный транспорт).

Экологическое отделение НАМИ.
14. Система съемных автономных установок глубокой очистки отработавших газов дизелей транспортных средств. Предназначена для очистки отработавших газов дизелей от твердых частиц, оксидов азота, оксида углерода и углеводородов. Система включает в себя сменные фильтровальные и поглотительные кассеты. Весогабаритные показатели сравнимы со

стандартным глушителем. Эффективность очистки по всем компонентам не ниже 90%. Ресурс сменных кассет не менее 10 ч непрерывной работы. Система может быть использована для обезвреживания отработавших газов дизельных автобусов, автомобилей, тракторов и других подвижных источников в условиях эксплуатации с ограниченным воздухообменом, например, в гаражах и закрытых стоянках.

Объем предлагаемых услуг:

адаптация системы к условиям Заказчика;
разработка технической документации и организация совместного производства; изготовление опытных партий системы (до 500 шт. в год).

Экологическое отделение НАМИ.

15. Жидкостный нейтрализатор для дизелей мощностью до 160 кВт, предназначен для очистки отработавших газов от сажи. Система состоит из жидкостного нейтрализатора и доливочной емкости. Система позволяет на 50% очистить отработавшие газы от сажи, удаляет неприятный запах, снижает уровень шума выпуска. Масса заправленной системы не более 175 кг. Область применения: погрузочно-доставочная машина ТРО-350 (Финляндия), может устанавливаться на другие машины, работающие в подземных условиях с дизелем мощностью до 160 кВт (типа машин МоАЗ, ПД-2 и др.).

Объем предлагаемых услуг:

адаптация системы к машинам, работающим в условиях ограниченного воздухообмена;
передача технической документации для организации совместного производства;

изготовление и поставка партий систем (100...200 шт.),

Экологическое отделение НАМИ.

16. Жидкостный нейтрализатор для автомашин МАЗ-5549, МАЗ-5551, КамАЗ-5511, предназначенный для уменьшения содержания сажи и твердых частиц, а также уменьшения концентраций оксидов серы и азота в отработавших газах дизелей. В состав нейтрализатора входят емкость для воды, скруббер Вентури, система отсекаелей и доливочный бачок. Нейтрализатор очищает отработавшие газы от части сажи на 60...70%. Растворяет содержащиеся в отработавших газах SO_2 , SO_3 и NO_2 . Область применения: автомашины, работающие в подземных условиях (шахты, метро, карьеры) и в местах с ограниченным воздухообменом.

Объем предлагаемых услуг:

адаптация разработанных нейтрализаторов к конкретным типам автомашин;

изготовление и поставка опытных образцов для испытаний;
организация совместного производства.

Экологическое отделение НАМИ.

17. Система питания автомобилей смесью бензина с метанолом, предназначенная для легковых и грузовых автомобилей, использующих в качестве моторного топлива смесь метанола (15%) с бензином. Реализация в эксплуатации этой системы позволяет повысить на 3...4% мощностные показатели, уменьшить на 14% расход бензина, снизить на 30...40% суммарный выброс вредных веществ с отработавшими газами.

Экологическое отделение НАМИ.

18. Система питания двигателей смесью бензина с водородом для двигателей рабочим объемом 1,2...1,5 л., предназначенная для двигателей использующих в качестве моторного топлива указанную смесь. Автомобиль на режимах холостого хода и малых нагрузках работает на водороде, при средних нагрузках — на смесях водорода с бензином, при нагрузках свыше 80% — на бензине. Работающие на водородном топливе автомобили расходуют на 40% меньше бензина, по сравнению со стандартным вариантом, выбрасывают в атмосферу в 15 раз меньше CO , в пять раз — C_xH_y , в три раза — NO_x .

Экологическое отделение НАМИ.

19. Дизель, работающий на сжатом или сжиженном газе и биогазе,

модифицированные конструкции дизелей, использующих в качестве моторного топлива сжатый природный, сжиженный нефтяной газ и биогаз. Эти дизели работают как на дизельном топливе, так и по газодизельному циклу на перечисленных газах. Газодизельные модификации, сохраняя показатели базовых двигателей, позволяют снизить на 70% расход дизельного топлива, на 30% — выбросы оксидов азота, в три раза — дымность.

Экологическое отделение НАМИ.

20. Широкий спектр разработок в области снижения токсичности отработавших газов, стационарные системы очистки отработавших газов дизелей и бензиновых двигателей (для мотороиспытательных станций и др.); антидымные присадки, снижающие дымность отработавших газов на 30...50%; быстротемные системы снижения токсичности, устанавливаемые на машины при их въезде в гаражи, цехи, на склады и т. п. Для 15...20-кратного снижения вредных выбросов, разрабатываются специальные системы с фильтрами и химическими поглотителями, замена которых производится через каждые 30...60 моточасов работы двигателя. Разработка рекомендаций по снижению токсичности отработавших газов, уровня шума, дымности и температуры выпуска для двигателей всех типов; технической документации на системы снижения токсичности и их элементы (нейтрализаторы, сажевые фильтры и т. д.). Программы и методики стендовых и эксплуатационных испытаний; изготовление опытных установочных партий и их элементов; проведение экспертизы, аттестационных и контрольных испытаний автомобилей всех типов по токсичности и дымности отработавших газов; организация серийного производства средств снижения токсичности в соответствии с потребностями.

Перечисленные системы и устройства обеспечивают снижение выбросов оксида углерода и углеводородов на 80...95%, сажи на 40...80%, шумоглушение и искрогашение — в пределах установленных норм. Ресурс систем 160 тыс. км пробега автомобиля.

Экологическое отделение НАМИ.

21. Каталитический нейтрализатор (КН) на металлическом блочном катализаторе, предназначен для очистки отработавших газов от CO , C_xH_y . Устанавливается вместо глушителя и одновременно выполняет его роль. Выпускаются КН для автомобилей КамАЗ, городских автобусов и для дизельных автопоездов. Эффективность очистки отработавших газов 70...100%, сопротивление не более 1000 мм вод. ст., рабочий диапазон температур газов 250...900°С; срок службы не менее 80 тыс. км пробега.

Талгарский опытно-экспериментальный завод НПО «Комплекс», Казань, г. Талгар.

22. Блочный катализатор на металлическом носителе, предназначен для очистки отработавших газов от CO , C_xH_y дизелей и бензиновых ДВС и отходящих газов промышленных производств. Удельная площадь поверхности активного слоя 180...200 м²/г. Эффективность очистки составляет 70...100%.

Талгарский опытно-экспериментальный завод НПО «Комплекс», Казань, г. Талгар.

23. Каталитические, жидкостные нейтрализаторы, системы снижения токсичности и дымности ОГ. Адаптация к конкретному автомобилю в зависимости от устанавливаемых требований. Разработка документации. Изготовление и поставка, все виды испытаний.

НПО «Экосистема», Москва.

24. Промывочное многофазное масло для автомобильных карбюраторных двигателей; использование промывочного масла МСП-1, МСП-1У повышает компрессию двигателя минимум на 10%, увеличивает ресурс его работы, снижает расход топлива, выбросы оксида углерода на 16...60%.

МП АМТЕК.

25. «Аспектмодификатор» — антифрикционное и противозносное покрытие для двигателей и агрегатов трансмиссии. Снижает расход топлива и токсичность отработавших газов.

МП АМТЕК.

Перечень документов,
разработанных ведущими научными организациями
в области социальной экологии автотранспорта

Приложение 4

№ п.п.	Наименование (содержание) документа	Разработчик	Адрес разработчика
1	Характеристика загрязнений окружающей среды (атмосферы и водного бассейна) предприятиями автомобильного транспорта: Раздел I. Характеристика загрязнений производственных сточных вод предприятиями автомобильного транспорта Раздел II. Характеристика загрязнений атмосферного воздуха предприятиями автомобильного транспорта. Указания по определению количества отсасываемого воздуха и загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу стационарными источниками предприятий автомобильного транспорта	Гипроавтотранс	109089, Москва, наб. Морриса Тореза, 34
2	Временные рекомендации по определению загрязняющих веществ, поступающих в окружающую среду на предприятиях автомобильного транспорта (согласовано с Госкомприродой СССР 10.10.90)	То же	То же
3	Руководящие материалы по разработке проекта «Охрана окружающей среды на предприятиях автомобильного транспорта». В семи томах (согласовано с Госкомприродой СССР 10.12.90)	»	»
4	Методика определения нормативов сбросов вредных веществ в поверхностные водные объекты от АТП (концепция снижения отрицательного воздействия на окружающую водную среду предприятий автомобильного транспорта)	»	»
5	Перечень мероприятий, внедрение которых может обеспечить уменьшение выброса вредных веществ от деятельности автотранспортных и авторемонтных предприятий Главмосавтотранса	НПО Главмосавтотранс	125040, Москва, Ленинградский проспект, 7
6	Методические указания по инвентаризации вентиляционных выбросов и установлению допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу предприятиями Главмосавтотранса	То же	То же
7	Методика оценки эффективности природоохранных работ, выполняемых в АТП	НИИАТ	123514, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24
8	Инструкция по проверке и регулировке бензиновых двигателей на минимальную токсичность отработавших газов	»	То же

256

Продолжение прил. 4

№ п.п.	Наименование (содержание) документа	Разработчик	Адрес разработчика
9	Инструкция по проверке, регулировке и ремонту топливной аппаратуры с целью обеспечения минимальной дымности отработавших газов автомобилей с дизелями	НИИАТ	123514, Москва, ул. Героев Панфиловцев, 24
10	Методика проведения инвентаризации выбросов загрязняющих веществ в атмосферу для автотранспортных предприятий (расчетным методом)	»	То же
11	Рациональное природопользование и эффективность производства (методические рекомендации)	ВИПК МПС	127018, Москва, Октябрьский пер. 7
12	Государственные и отраслевые стандарты по дымности и токсичности ОГ ДВС (бензиновых и дизелей)	НАМИ	125438, Москва, ул. Автомоторная, 2 или 4-й Лихачевский пер., 17
13	Технические задания, технические требования и технические условия на базовые варианты автотранспортной техники и двигателя для них	»	То же
14	Способы и методики лабораторных, стендовых и эксплуатационных испытаний автомобилей, двигателей, средств очистки, топлив, присадок, масел и др.	»	»
15	Способы испытаний, в том числе ускоренных, систем очистки (нейтрализаторов) отработавших газов и катализаторов	»	»
16	Способы регенерации катализаторов	»	»
17	Методики испытаний автомобилей общей массой не более 3 т на токсичность и дымность по ездовым циклам ЕЭК ООН и FTP-75	»	»
18	Чертежно-техническая документация на типоряд бензиновых и дизельных нейтрализаторов для базовых типов автотракторской техники	»	»
19	Обзоры по каталитическим и жидкостным нейтрализаторам, сажевым фильтрам, электрофильтрам и другим средствам очистки отработавших газов	»	»
20	ТУ и технология производства катализатора	»	»
21	Техдокументация по переоборудованию ДВС для работы на альтернативных топливах (газообразное, биогаз, водород и др.)	»	»
22	Паспорта, инструкции по установке, эксплуатации и обслуживанию систем очистки ОГ ДВС	»	»

17—1531

257

**ПЕРЕЧЕНЬ ГОСУДАРСТВЕННЫХ СТАНДАРТОВ
ПО ОХРАНЕ ПРИРОДЫ, ДЕЙСТВУЮЩИХ НА ПРЕДПРИЯТИЯХ
АВТОТРАНСПОРТА**

ГОСТ 17.0.0.01—76	Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения
ГОСТ 17.0.0.02—79	Охрана природы. Метрологическое обеспечение контроля загрязненности атмосферы, поверхностных вод и почвы. Основные положения
ГОСТ 17.1.1.01—77	Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения
ГОСТ 17.1.1.03—86	Охрана природы. Гидросфера. Классификация водопользований
ГОСТ 17.1.1.04—80	Охрана природы. Гидросфера. Классификация подземных вод по целям водопользования
ГОСТ 17.1.3.05—82	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных и подземных вод от загрязнения нефтью и нефтепродуктами
ГОСТ 17.1.3.06—82	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране подземных вод
ГОСТ 17.1.3.13—86	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения
ГОСТ 17.1.4.01—80	Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к методам определения нефтепродуктов в природных и сточных водах
ГОСТ 17.1.5.02—80	Охрана природы. Гидросфера. Гигиенические требования к зонам рекреации водных объектов
ГОСТ 25855—83	Уровень и расход поверхностных вод. Общие требования к измерению
ГОСТ 17.2.1.01—76	Охрана природы. Атмосфера. Классификация выбросов по составу
ГОСТ 17.2.1.02—76	Охрана природы. Атмосфера. Выбросы двигателей автомобилей, тракторов, самоходных сельскохозяйственных и строительно-дорожных машин. Термины и определения
ГОСТ 17.2.1.03—84	Охрана природы. Атмосфера. Термины и определения контроля загрязнения
ГОСТ 17.2.1.04—77	Охрана природы. Атмосфера. Источники и метеорологические факторы загрязнения, промышленные выбросы. Основные термины и определения
ГОСТ 17.2.2.01—84	Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений
ГОСТ 17.2.2.03—87	Охрана природы. Атмосфера. Нормы и методы измерений содержания окиси углерода и углеводородов в отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями. Требования безопасности
ГОСТ 17.2.3.02—78	Охрана природы. Атмосфера. Правила установления допустимых выбросов вредных веществ промышленными предприятиями
ГОСТ 17.2.4.02—81	Охрана природы. Атмосфера. Общие требования к методам определения загрязняющих веществ
ГОСТ 27435—87	Внутренний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений
ГОСТ 21393—75	Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности

ГОСТ 20444—85	Шум. Транспортные потоки. Методы измерения шумовой характеристики
ГОСТ 27436—87	Внешний шум автотранспортных средств. Допустимые уровни и методы измерений
ГОСТ 17.4.1.02—83	ОПП. Классификация химических веществ для контроля загрязнения
ГОСТ 17.4.1.03—84	ОПП. Термины и определения химического загрязнения
ГОСТ 17.4.2.01—81	ОПП. Номенклатура показателей санитарного состояния
ГОСТ 17.4.2.02—83	ОПП. Номенклатура показателей пригодности нарушенного плодородного слоя почв для землевания
ГОСТ 17.4.3.04—85	ОПП. Общие требования к контролю и охране от загрязнения
ГОСТ 17.4.3.05—86	ОПП. Требования к сточным водам и их осадкам для орошения и удобрения
ГОСТ 17.5.1.01—83	ОП. Рекультивация земель. Термины и определения
ГОСТ 17.5.1.02—85	ОП. Земли. Классификация нарушенных земель для рекультивации
ГОСТ 17.5.1.04—80	ОПЗ. Классификация землепользования
ГОСТ 17.5.3.04—80	ОПЗ. Общие требования к рекультивации земель
ГОСТ 17.5.3.05—84	ОП. Рекультивация земель. Общие требования к землеванию

ПЕРЕЧЕНЬ

предприятий, изготавливающих приборы и аппаратуру для контроля состояния природной среды и источников загрязнения, осуществляющих их ремонт, государственную проверку

1. Смоленское ПО «Аналитприбор», 214020, г. Смоленск, ул. Бабушкина, 3, тел. 2-12-42.
Газоанализаторы серии ГИАМ; ГАИ-1; ГАИ-2; 121ФА-01; «Палладий».
2. Киевское НПО «Аналитприбор», ВНИИАП, 252650, Украина, г. Киев-6, ул. Тверская, 6, тел. 269-03-24.
Газоанализатор 344ХЛ01 и др.
3. НПО «Автоматика», Винницкий приборостроительный завод, 286017, Украина, г. Винница, ул. 600-летия, 19, тел. 6-90-39.
Дымомер ИНА-109.
4. НПО «Транстехника», 220612, Беларусь, г. Минск, ул. Володарского, 8, тел. 20-84-87.
Дымомер ДО-1.
5. Кооператив МЕТА, 700000, Узбекистан, г. Ташкент, ул. Пушкина, 59, тел. 32-08-50.
Дымомеры КИД-2; МЕТА-01.
6. Центроавтотех, 142608, г. Орехово-Зуево, Моск. обл., Малолуденское шоссе, 18, тел. 2-63-72.
Гарантийный и другие виды ремонта газоанализаторов.
7. Московский центр стандартизации и метрологии, 117418, г. Москва, Нахимовский проспект, 31, тел. 129-25-33.
Государственная проверка газоанализаторов и дымомеров.
8. Ремонтная мастерская, 121099, г. Москва, 1-й Николощеповский пер., 1/9, тел. 241-98-42.
Ремонт газоанализаторов и дымомеров ГАИ-1; 121ФА-01.
9. ГосНИТИ, 109389, г. Москва, 1-й Институтский пр., 1.
Диагностическое оборудование для дизельных автомобилей.
11. Акционерное научно-производственное объединение «Наука» (АНПО «Наука»), 105318, г. Москва, Измайловское шоссе, 31.

11. Центр научно-инженерных проблем (ЦНИП), 119201, г. Москва, ул. Тимур Фрунзе, 26, тел. 272-03-74. Переносной газоанализатор.
12. Инженерно-техническая фирма ИНЭК научно-производственного объединения ЭКПРОМ, 630027, г. Новосибирск, ул. Объединения, 25. Атомно-абсорбционный анализатор свинца в воздухе.
13. Институт высоких температур ИВТАН, 127412, г. Москва, ул. Ижорская, 13/19, тел. 485-90-18. Разработка и изготовление газоанализаторов на NO_x , NO_2 .
14. Аналитический центр АНСЕРТЭКО, 117936, ГСП-1, г. Москва, Ленинский проспект, 4, тел. 236-96-60. Газоанализаторы; передвижные установки зарубежного производства для анализа вредных веществ в атмосфере.
15. Справочная Госстандарта, тел. 129-25-33 (г. Москва). Информационное обеспечение.

Приложение 7

ПЕРЕЧЕНЬ ГАЗОАНАЛИЗАТОРОВ И ДЫМОМЕРОВ, ВЫПУСКАЕМЫХ В СНГ

1. Газоанализаторы производственного объединения «Аналитприбор», г. Смоленск.
«Палладий» предназначен для измерения содержания в воздухе (помещений) оксида углерода. Диапазон измерений $0 \dots 50 \text{ мг/м}^3$; габаритные размеры $225 \times 205 \times 285 \text{ мм}$; масса 5 кг. Срок службы 10 лет.
ГАИ-1. Предназначен для измерения микрочастиц оксида углерода в воздухе. Диапазон измерений $0 \dots 160 \text{ мг/м}^3$; напряжение питания 220 В 50 Гц; габаритные размеры $1685 \times 600 \times 685 \text{ мм}$; масса 23 кг. Срок службы 6 лет.
ГИАМ-21. Предназначен для измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах карбюраторных двигателей. Диапазоны измерений: содержания CO — от 0 до 10%; содержания C_xH_y — от 0 до 5000 млн^{-1} . Напряжение питания 220 В 50 Гц; габаритные размеры $475 \times 350 \times 195 \text{ мм}$; масса 10 кг.
ГИАМ-22. Предназначен для измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах дизелей. Диапазоны измерений: содержания CO — от 0 до 0,5%; содержания C_xH_y — от 0 до 5000 млн^{-1} ; напряжение питания 220 В 50 Гц; габаритные размеры $475 \times 350 \times 195 \text{ мм}$; масса 10 кг.
ГИАМ-23. Предназначен для измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах карбюраторных двигателей и измерения частоты вращения коленчатого вала. Диапазоны измерений: содержания CO — от 0 до 0,5%; содержания C_xH_y — от 0 до 1000 млн^{-1} ; частоты вращения — от 500 до 9900 мин^{-1} . Напряжение питания 220 В 50 Гц и 12 В (от аккумулятора автомобиля); габаритные размеры $475 \times 350 \times 195 \text{ мм}$; масса 10 кг.
ГАИ-2 УХЛ.4. Предназначен для одновременного измерения содержания оксида и диоксида углерода в отработавших газах автомобильных двигателей. Диапазоны измерений: содержания CO — от 0 до 5%; содержания CO_2 — от 0 до 16%; напряжение питания 220 В 50 Гц и 12 В (от аккумулятора автомобиля); габаритные размеры $486 \times 390 \times 130 \text{ мм}$; масса 13 кг.
2. Газоанализатор 344ХЛ01 завода аналитических приборов НПО «Аналитприбор», Украина, г. Киев. Предназначен для измерения содержания оксида азота в отработавших газах автомобилей. Диапазон измерений $0 \dots 5000 \text{ млн}^{-1}$; напряжение питания 220 В 50 Гц; габаритные размеры блока пробоподготовки $500 \times 300 \times 500 \text{ мм}$ (масса 30 кг); блока анализатора $500 \times 300 \times 450 \text{ мм}$ (масса 30 кг).
3. Дымомеры кооператива МЕТА, Узбекистан, г. Ташкент.
МЕТА-01. Предназначен для измерения дымности отработавших газов

дизелей. Диапазон измерений $0 \dots 99\%$; напряжение питания 9 В; габаритные размеры $220 \times 75 \times 40 \text{ мм}$; масса 0,8 кг.

КИД-2. Предназначен для измерения дымности ОГ дизелей. Диапазон измерений $0 \dots 88,3\%$; напряжение питания 9 В; габаритные размеры прибора $220 \times 90 \times 60 \text{ мм}$, масса 2 кг.

4. Дымомер ДО-1 НПО «Транстехника», оптический завод, Беларусь, г. Минск. Предназначен для измерения дымности ОГ дизелей. Диапазон измерения $0 \dots 100\%$; напряжение питания 220 В 50 Гц или 12 В; 24 В (бортовая сеть автомобиля); габаритные размеры: детектор $310 \times 555 \times 255 \text{ мм}$ (масса 3,2 кг); измеритель $200 \times 190 \times 150 \text{ мм}$ (масса 2,1 кг).
5. Дымомер ИНА-109 опытного приборостроительного завода НПО «Автоматика», Украина, г. Винница. Предназначен для измерения дымности отработавших газов дизелей. Диапазон измерений $0 \dots 100\%$, напряжение питания 220 В 50 Гц. Габаритные размеры: оптический датчик $480 \times 190 \times 250 \text{ мм}$ (масса 1,4 кг); блок преобразователя $230 \times 285 \times 65 \text{ мм}$ (масса 2,5 кг).

Приложение 8

ПЕРЕЧЕНЬ ПРЕДПРИЯТИЙ—ИЗГОТОВИТЕЛЕЙ КАТАЛИТИЧЕСКИХ НЕЙТРАЛИЗАТОРОВ И КАТАЛИЗАТОРОВ

1. Уральский электрохимический комбинат (УЭХК), 620065, г. Екатеринбург, П-65.
Бифункциональная и окислительные системы нейтрализации ОГ для карбюраторных двигателей автомобилей ВАЗ, ГАЗ, ЗИЛ.
2. Редкинский опытный завод (РОЗ), 171260, п. Редкино, Тверская обл. Каталитические нейтрализаторы (разработка ЭО НАМИ) для городских автобусов и автотранспорта с дизелями.
3. Учреждение п/я ЯО 100/3, 215700, г. Сафонов, Смоленская обл. Каталитические нейтрализаторы (разработка ЭО НАМИ) для подземных машин типа МоАЗ, автосамосвалов МАЗ.
4. Рижский вело-мотозавод, 226039, Латвия, г. Рига, ул. Бривибас, 193. Каталитические нейтрализаторы (разработка ЭО НАМИ) для дизелей и карбюраторных двигателей автомобилей.
5. Завод Моссельмаш, 125413, г. Москва, Солнечногорская ул., 4.
Система искрогашения, снижения токсичности ОГ и шума (разработка ЭО НАМИ) для автопогрузчиков и автомобилей ЗИЛ.
6. Экологическое отделение НАМИ (АО ЭКО НАМИ), 125438, г. Москва, 4-й Лихачевский пер., 17а.
Разработка, изготовление и сертификация нейтрализаторов-глушителей и систем нейтрализации для всех типов автомобилей, автобусов, автопогрузчиков, подземных машин. Жидкостные нейтрализаторы сажи; навесные, автономные гаражные системы очистки ОГ, сажевые фильтры, системы очистки для мотороиспытательных станций.
7. Талгарский опытно-экспериментальный завод НПО «Комплекс», 483310, Казахстан, г. Талгар, ул. Транспортная, 2.
Каталитические нейтрализаторы для очистки отработавших газов дизелей и бензиновых двигателей от CO , C_xH_y для автомобилей КамАЗ и др. Блочный катализатор на металлической основе.
8. ИОКЭ АН Казахстана, 480100, Казахстан, г. Алматы, пр-т Карла Маркса, 142.
Катализаторы на металлическом (блочном) и керамическом (гранулированном) носителе для очистки ОГ ДВС.
9. ДжекказганНИПицветмет, 472810, Казахстан, г. Джезказган, ул. Гагарина, 6.
Каталитические и жидкостные нейтрализаторы для подземных машин.
10. НПО Экосистема, 125239, г. Москва, ул. Михалковская, 63.
Каталитические и жидкостные нейтрализаторы для автомобилей, автобусов, подземных и карьерных машин; проектирование, поставка, проведение контрольных испытаний, экспертиза технических решений, разработка методик, программ, проектов, все виды консультаций.

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ

основного зарубежного испытательного оборудования для оснащения производственно-экспериментальной базы НИИ, КБ, заводов и предприятий, работающих над социально-экологическими вопросами автотранспорта

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
1	Тормозной стенд индукторного типа	130	«Карл Шенк» AG Германия
2	То же	230	То же
3	»	400	»
4	Гидравлический нагрузочный тормоз	4 22A	«Цольнер», Германия
5	То же	5 26A	То же
6	Тормозные динамометры	DT-1000	«Гоу Пауэр Корпорейшн»; «Фруд Консайн», Великобритания—США
7	Асинхронная тормозная установка	Елин	ABL, Австрия
8	Лазерно-оптическая система для проверки и установки соосности валов	Оптилайн	Германия
9	Универсальная одноцилиндровая установка	GPF-114	»
10	Климатическая камера	3001	«Фентроп», Германия
11	Испытательный стенд серии 2500 с дополнительными устройствами:	HA2500.02	«Хартридж», Великобритания
	испытательный стенд для форсунок	NN601	То же
	прибор для мойки распылителей	NN013	»
	прибор для ремонта форсунок	NN008	»
	прибор для притирки распылителей	NN034	»
	То же	NN017	»
	»	NN083	»
	»	NK084	»
	»	NK121	»
	»	NK123	»
	прибор для измерения хода иглы	99-10	»
	аппарат для насосов размер «Р»	H483	»
	набор для чистки распылителей	99-50	»
	прибор для диагностики внутренних поверхностей	99-860	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
12	Монитор М-120 к комплексу ТЕАС с дополнительным оборудованием	М-120	ТЕАС, Япония
13	Магнитограф XR-510 в комплекте	XR-510	»
14	Термоанемометр с запасными частями:	DIZA-55M	«Диза Электроник», Дания
	вольтметр эффективного значения	55D35	То же
	линеаризатор	55D10	»
	стандартный мост	55M10	»
	вспомогательный блок анемометра	55D25	»
	главный блок	55M01	»
	блок питания	55M05	»
	распределитель питания от сети	52A25	»
	цифровой вольтметр	55D31	»
	одноэлементный датчик	55P11	»
	То же	55P12	»
15	Магнитограф	EXM-141	«Тесла», Чехословакия
16	Автоматизированная система испытания ДВС типа «Тест—Коммандер» (комплект)	«Пума», на 64 канала	ABL, Австрия
17	Цифровой анализатор с системой индицирования	656	»
18	Цифровой анализатор с комплектом датчиков	тип 653	»
19	Система высокоскоростного фотографирования	тип 510	»
20	Стенд для испытания топливной аппаратуры	110 HE	«Фридман и Майер», Швейцария
21	Расходомер топлива	205	«Флоутроник», Швейцария
22	»	P 224	«Оно Сокки», Япония
23	»	тип 730	AB, Австрия
24	»	тип 250	«Флоутроник», Швейцария
25	»	E-315	«Оно Сакки», Япония
26	»	тип 100	«Фруд Консайн», Великобритания
27	»	тип 00	То же
28	Датчики давления в комплекте с адаптерами, зажимами и кабелями	6005	«Кистлер», Швейцария
		7031	»
		6461	»
		7421	»
		1631B	»
		1603-10	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
29	Датчики давления в комплекте	160P100C 60P500C 31DP500-E-2,0 31DP1200-E-2,0 41DP500K	ABL, Австрия » » » »
30	Пьезокварцевая измерительная система	Тип 3059	»
31	Калибратор	Тип 3054	»
32	Нажимные весы с гидравлическим устройством	Тип 240—600	»
33	Усилитель заряда	5007	«Кистлер», Швейцария
34	Передвижной калибровочный стенд с видеодисплейным измерением	НГ 508	«Хартридж», Великобритания
35	Генератор синусоидального сигнала	1023	«Брюль и Кьер», Дания
36	Многоканальная тензометрическая система	1526	То же
37	То же	1544	»
38	Калибратор зарядов	5351	«Кистлер», Швейцария
39	Комплект измерительных датчиков и вторичных приборов для измерения вращающего (крутящего) момента	T30 T32	XBM, Германия То же
40	Система индцирования высоких и низких давлений	—	ABL, Австрия
41	Измеритель индикаторного давления	Тип 6602	То же
42	Система непрерывного электропитания ЭВМ	Тип СВС-500	«Фундзиэлектрик», Япония
43	Станок балансировочный	210 GBT с комплектующими элементами	«Карл Шенк», Германия
44	Комплекс стендов для испытаний ТКР	PP 001986 PP 002015	Япония То же
45	Печь камерная высокотемпературная	№ 650/Н	AB PP, Германия
46	Испытательный стенд	550	«Хартридж», Великобритания
47	Датчики вращающего (крутящего) момента: M=20 кгс·м M=50 кгс·м M=100 кгс·м	TM	«Шинкоф», Япония
48	Датчики	SR12B, SR14B 15B	То же » »
49	Датчики	RQV	»
50	Регулятор частоты вращения	HTX011V	«Бош», Германия
51	Обменник давления		Швейцария

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
52	Электронная система смесеобразования для ДВС	Экотроник	«Пирбург», Германия
53	Прибор для проверки системы зажигания	Мот 400	«Бош», Германия
54	Вакуумметр	PT-761	«Оно Сокки», Япония
55	Регулятор частоты вращения	P4B	«Фридман—Майер», Швейцария
	То же	P14B	То же
56	Калибровочный пресс для датчиков давления	840—1200	ABL, Австрия
57	Стенд для проливки распылителей	P17.03	«Хартридж», Великобритания
58	Стенд для испытаний топливных насосов	NC129	«Меторпалл», Чехо-Словакия
59	Прибор для испытания форсунок	HC-51	То же
60	Датчики ускорений	BWH-101	Германия
61	Стенд для проверки и регулировки приборов питания	HC-110	Чехо-Словакия
62	Прибор для определения угла опережения впрыска на работающем двигателе	Ланге	Германия
63	Калибровочный пресс для датчиков давления	840—600	ABL, Австрия
64	Одноцилиндровая установка с системой наддува и регулирования	502, 523, 528	То же
65	Оптический датчик углового положения вала	360CG/600	»
66	Расходомер масла на угар	4001	»
67	Расходомер картерных газов	413-S	»
68	Расходомер воздуха	Дегусса	«Дегусса», Германия
69	Автоматический структурный анализатор	Эригант	«Карл Цейс», Германия
70	Термоаналитический прибор с микропроцессором (для определения температур кристаллизации, коэф. термич. распыления и фазовых превращений)	Дериватограф-С	Германия Венгрия
71	Блок газоанализатора для определения углеводородов	модель 402	«Бекман», Германия
72	Блок газоанализатора для определения оксида углерода	модель 864-12	То же
73	Блок газоанализатора для определения оксида углерода	модель 951A	»
74	Блок газоанализатора для определения диоксида углерода	модель 864-23	»
75	Эластомат (комплект в интервале температур 100...1250° С)	1024	«Институт доктора Ферстера», Германия

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
76	Делитель газов		
77	Запчасти к газоаналитическим системам фирмы «Бекман»	№ 77776396	«Бекман», Германия
78	Анализатор элементов: по азоту и кислороду по водороду	TC-136 PH-2	ЛЕКО, Германия То же
79	Дифференциальный программирующий калориметр DCK	SETARAM	КОМЕФ, Франция
80	Комплексная лаборатория для газоаналитических работ	—	«Карл Цейс», Германия
81	Газоанализатор с комплектом дополнительного оборудования для непрерывного определения содержания углеводов	Инфралит	Германия
82	Дымомер	МК-3	«Хартридж», Великобритания
83	Дымомер фирмы «Бош»	ЕРАW	«Бош», Германия
84	Дымомер стационарный	DFM-1	Венгрия
85	Дымомер переносной	DFM-2	»
86	Импульсный анализатор для измерения частиц и капель	2600HSD	«Мальверн», Великобритания
87	Измеритель уровня шума сгорания	4050-A01	ABL, Австрия
88	Генератор шума	1405	«Брюль и Кьер», Дания
89	Третьеоктавные фильтры	1617	То же
90	Октавные фильтры	1618	»
91	Сопровождающий фильтр	1623	»
92	Интегрирующий прецизионный фильтр	2230	»
93	То же	2233	»
94	Набор октавных фильтров	1624	»
95	Набор третьеоктавных и октавных фильтров	1625	»
96	Следящий умножитель частоты	1901	»
97	Гетеродинный частотный анализатор	2010	»
98	Узкополосный частотный анализатор	2031	»
99	То же	2033	»
100	Двухканальный анализатор сигналов	2034	»
101	Частотный анализатор	2120	»
102	Цифровой частотный анализатор	2131	»
103	Цифровой частотный анализатор с полосами пропускания шириной 1/12 октавы	5788/2131	»
104	Цифровой импульсный прецизионный шумомер	2210	»
105	Третьеоктавные фильтры	1616	»
106	Октавные фильтры	1613	»
107	Самописец уровня	2307	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
108	Двухкоординатный самописец	2308	«Брюль и Кьер», Дания
109	Графический регистратор	2313	То же
110	Аппаратура для балансировки в двух плоскостях	2504	»
111	Универсальное контрольное устройство	2505	»
112	Переключатель каналов	2514	»
113	Измерительный усилитель	2610	»
114	»	2636	»
115	Предусилитель	2637	»
116	Микрофонный предусилитель	2633	»
117	»	2619S	»
118	Предусилитель для акселерометров	2650	»
119	То же	2651	»
120	»	2635	»
121	Усилитель заряда	2634	»
122	»	2651	»
123	Алфавитно-цифровое печатающее устройство	2312	»
124	Прецизионный шумомер	2209	»
125	Анализатор	2134	»
126	Конденсаторный микрофон (дюймовый)	4145	»
127	Конденсаторный микрофон (полудюймовый)	4149	»
128	Конденсаторный микрофон	4136	»
129	Предусилитель для дюймового микрофона	2627	»
130	Предусилитель для полудюймового микрофона 410 (IA 0308)	2619	»
131	Предусилитель для четвертьдюймового микрофона	2633	»
132	Микрофонный зонд	4170	»
133	Противотурбулентный акустический зонд	IAO436	»
134	Полудюймовый микрофонный предусилитель	2642	»
135	Акустический калибратор	4230	»
136	Виброметр	2511	»
137	Сопровождающий фильтр	1623	»
138	Акселерометр	4370	»
139	Переключатель каналов	2811	»
140	Акустический процессор	7507	»
141	Источник питания	2805	»
142	Цифровой стробоскоп и стробоскопический источник света с волоконной оптикой	4913 4915	»
143	Калибратор акселерометров	4291	»
144	Осциллоскоп	4714	»
145	Акселерометры (набор)	4370S	»
146	»	4370P	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
147	Акселерометры (набор)	4381	Брюль и Кьер», Дания
148	То же	4381P	»
149	Усилитель мощности	2712	»
150	Миниатюрный вибростенд	4810	»
151	Портативный измерительный магнитофон	7005	»
152	Цифровой кассетный магнитофон	7400	»
	Дополнительные принадлежности:		
153	Набор из 10 кассет	QR 1010	»
154	Соединительный кабель (2 м)	AO 0194	»
155	»	AO 0184	»
156	Переходник	AO 0195	»
157	Кожаный футляр	KE 0192	»
158	Приспособление для монтажа на стандартную приборную стойку	KS 0040	»
159	Магнитная лента (590 м)	QR 1003	»
160	Кассета	UD 0035	»
161	Никеле-кадмиевый элемент	QB 0008	»
162	Блок прямой записи—воспроизведения	ZE 0299	»
163	Блок 4М записи—воспроизведения	ZM 0053	»
164	Блок двухканального командера	ZM 0054	»
165	Малозумный кабель АС 0005 (1,2 м)	AQ 0038	»
166	Малозумный кабель (3 м)	AQ 0089	»
167	Малозумный кабель с тефлоновой изоляцией (5 кабелей по 150 м)	AQ 0005	»
168	Набор из 25 миниатюрных ниппельных соединений IR 0012 для кабеля АС 0005	VA 0130	»
169	Набор из 20 миниатюрных штепсельных соединителей IR 0012 для кабеля АС 0005	VA 0129	»
170	Переходник для соединителей миниатюрных штепселей IR 0012 и стандартных гнезд В и С	V 0145	»
171	Переходник RB 0310 для микрофонов 1/4 дюйма	VA 0310	»
172	Переходник для микрофонов 1/8 дюйма	DB 0352	»
173	Кабель дистанционного управления	AQ 0182	»
174	Щелочной элемент	QB 0004	»
175	Набор штепселей и инструментов	IA 0129	»
176	Удлинительный соединитель	VA 0032	»
177	Набор удлинительных соединителей	IA 0186	»
178	Переходник	WB 0251	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
179	Переходник	OP 0145	«Брюль и Кьер», Дания
180	Источник питания	ZG 0199	То же
181	Кабель для соединения с источником	ZG 0199	»
182	Зарядный переходник	AQ 0157	»
183	Бумажная лента (пачка по 5 рулонов)	QP 0006	»
184	Соединительный кабель (2 м)	AQ 0194	»
185	»	AQ 00184	»
186	Переходник	AQ 0195	»
187	Удлинительный кабель (3 м)	AQ 0927	»
188	Удлинительный кабель (10 м)	AQ 0028	»
189	Удлинительный кабель (30 м)	AQ 0029	»
190	Переходник	IA 0588	»
191	Соединительная коробка	ZH 0007	»
192	Источник питания	2804	»
193	»	2807	»
194	Соединительный кабель	AQ 0069	»
195	Набор крепежных принадлежностей	IA 0125	»
196	Источник питания	WB 0176	»
197	Соединительный кабель	WL 0309	»
198	Источник питания	2808	»
199	Соединительный кабель для источника питания 2808	AQ 0035	»
200	Зарядное устройство	ZG 0113	»
201	Рулон бумаги (50 м)	QP 4690	»
202	Переходник	AQ 0195	»
203	Бумажный лист (пачки 100 листов)	QP 1000	»
204	Набор из 6 черных волоконистых перьев	QL 0004	»
205	Набор из 6 красных волоконистых перьев	QL 0005	»
206	Набор из 6 зеленых волоконистых перьев	QL 0006	»
207	Бумажный лист (пачки 100 листов)	QP 1001	»
208	Бумажный лист (пачка 100 листов)	QP 1002	»
209	Рулон бумаги	QP 0202	»
210	»	QP 1102	»
211	»	QP 1124	»
212	Номограмма	SC 2361	»
213	Переходник	ZP 0028	»
214	»	II 2614	»
215	»	II 2615	»
216	Интегратор	ZP 0020	»
217	Кабель дистанционного управления	AQ 0183	»
218	То же	AQ 0184	»
219	»	AQ 0034	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
220	Кабель со штепселем	AQ 0087	«Брюль и Кьер», Дания
221	Кабель со штепселем	AQ 0035	То же
222	Электромагнитный преобразователь	QP 0002	»
223	Бумага для самописца уровня 2307	MM 1103	»
224	Шкалы для гетероционного частотного анализатора 2010	SA 0142 SA 0143 SA 0144	» » »
225	Соединительный кабель	SAQ 0173	»
226	Удлинительный кабель	AQ 0134	»
227	Элементы питания	QB 0013	»
228	Щелочная батарея	QB 0016	»
229	Фотоэлектрический датчик	MM 0012	»
230	25-жильный плоский кабель (0,48 м) для теплоизометрической системы 1526	AQ 0138	»
231	Соединительный кабель (24 жилы, 0,6 м)	AQ 0144	»
232	Магнитограф	HR-30G	ТЕАС, Япония
233	Кассета	CT-90 11	»
234	Блок батарей	BI-30	»
235	Сетевое питающее устройство	PA-3	»
236	Блок питания от аккумуляторов	CL-62	»
237	Дистанционный пульт	MI-30	»
238	Переключатель	AR-30	»
239	Магнитограф	MR-30	»
240	Согласующее устройство	TU-30	»
241	Пульт	ER-61	»
242	»	ER-30	»
243	Бокс	CS-61	»
244	»	CS-30	»
245	Преобразователь	AR-132	»
246	Монтажная плата	TZ-42E	»
247	То же	TZ-43	»
248	Микрофон	MC-30	»
249	Блок питания	CHM-2A	»
250	Размагничиватель	E-3	»
251	Бокс	PA-8C	»
252	Очищающая лента	TZ-350	»
253	Магнитограф	XR-710	»
254	Кассета	T-120HGХ	»
255	Пульт	EC-101	»
256	Усилительная лента	AR-503	»
257	Блок управления	ER-86	»
258	Универсальное устройство для электрического измерения механических величин	MM-161 MM-131	Германия
259	Пьезоэлектрическое измерительное устройство с набором пьезокварцевых датчиков	PM-4	»

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
260	Акустический измерительный стенд	9	Германия
261	Электромагнитный регистрирующий микроанометр	Дустра	«Ково», Чехо-Словакия
262	Комплект акустических измерительных приборов	00023	Германия
263	Промышленная комплексная лаборатория для исследования топлив и масел	Лаберау	»
264	Комплексная лаборатория для исследования нефтепродуктов	Метримпекс	«Метримпекс», Венгрия
265	Ротационный вилезиметр для минусовых температур	Ректест 2-RV-2	Германия
266	Термостат для определения вязкости нефтепродуктов	NBE	»
267	Спектротитометр инфракрасный	Спикорд М80	«Карл Цейс», Германия
268	Комплекс оборудования для приготовления металлографических шлифов	Ротенау	Германия
269	Прибор для мокрой обработки абразивным материалом поверхности микрошлифов	Метосалекс	»
270	Микрошлифовальный полировочный станок	Метосалекс	»
271	Оборудование металлографической лаборатории	№ 73-12 EVM2H	«Карл Цейс», Германия
272	Комплексная лаборатория для электрохимических исследований	№ 71-13	«Карл Цейс», Германия
273	Универсальный рабочий стол для радиоремонтных работ	TP-0812	Германия
274	Универсальный испытательный стенд электрооборудования	PXET-542	»
275	Канцелярская пищащая машина	Могпорт Роботрон 202/33-5 202/47-15 202/65-2	»
276	Машина бумагорезательная	BC-92	«Адаст Максима», Чехо-Словакия
277	Чертежная машина	«Диплом-2» в комплекте с чертежным стендом	Германия
278	Балансировочный станок	HT-1B	«Карл Шенк» Германия
279	»	201VBPS	То же
280	Печь лабораторная вакуумная высокотемпературная	—	«Трукаст», Великобритания
281	Высокотемпературная печь	HT-16	«Набер», Германия
282	Прибор для определения толщин покрытий	637	«Ково», Чехо-Словакия

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
283	Настольная бумагорезательная машина	K-525	«Грас Маш», Польша
284	Универсальный инструментально-фрезерный станок	EH-40	ОРТИК, Чехо-Словакия
285	Твердомер	HPO-250	ВЭБ, Германия
286	Горизонтальный расточный станок	W-80	Чехо-Словакия
287	То же	W-100	»
288	»	W-160	»
289	Вертикальный консольно-фрезерный станок	B32	»
290	Набор инструмента для монтажных работ со стендовым оборудованием	2057	«Факом», Франция
291	Стол рабочий слесарный с набором инструментов	2110BVM2	То же
292	Наборы инструментов	2038M 2039 24411 24412 AS12LTP180T0 AS12LTP180T2 AS12LTP180T4 AS12RI180T0 AS12RI180T2 RS12	» » » » » » » » » »
293	Машина сварки трением		
294	Микротвердомер сканирующий автоматический	REICHEPTEP	КУКА, Германия
295	Сканирующий электронный микроскоп с рентгеновским микроанализатором	ISM-840	IEOL, Япония
296	Анализатор изображения электронный	ASM-68K	«Leitz», Германия
297	Универсальная машина усилием 20 тс	1343	INSTRON, Великобритания
298	Взаимосвязанная система для анализа изображения	IBAS	OPTON, Германия
299	Металлографический микроскоп	POLVAP	REICHEPTEP, Германия
300	Координатная электронная измерительная машина	Inspector	«Olivetti», Италия
301	Машина для определения износоустойчивости	MAXI 610V PMA-18	«Дженерал Моторс», США
302	Установка для статических испытаний керамики с высокотемпературной печью	Mod 1026	«Инжектор», Великобритания
303	Комплект для автоматического шлифовального полировального и станочного оборудования (для приготовления шлифов)	LECO	LECO, США
304	Шлифовально-полировальная система	AP-200	—

№ п. п.	Наименование	Модель	Изготовитель, страна
305	Пневматический пресс	PP-21	
306	»	PP-10	
307	Абразивно-резальная машина	CM-20	
308	»	CM-10	
309	Координатно-расточной стенд с визуализатором с размерами измеряемого пространства 100×1500×2000	Quik	«Квик», Италия
310	Проектор	P 1000 Циклон	Италия
311	Делительная головка с магнитной плитой (450×400×530)	SIP	SIP, Швейцария
312	Магнитная призма	107M	Германия
313	Профилограф-профилометр	S6P	«Партхен», Германия
314	Конбурограф	218—902	«Мицубиси», Япония
315	Кругломер	Телисента	«Тейлор Габсон», Великобритания
316	Установка для измерения термических постоянных по методу вспышки лазера	TC-3000 UVK	Япония
317	Акустический микроскоп (для исследования структуры и фазовых превращений в поверхностных слоях)	ELSAM	«Leitz», Германия
318	Горячий изостатический пресс промышленного назначения	Quintus	ASEA, Швеция
319	Холодный изостатический пресс промышленного назначения	Quintus	То же
320	Изостатический пресс промышленного назначения	HIP 2000	National Forge Europe, Бельгия

ПРИМЕРНЫЙ ПЕРЕЧЕНЬ
основного отечественного испытательного оборудования
для оснащения производственно-экспериментальной базы НИИ,
КБ, заводов и предприятий, работающих над социально-экологическими
вопросами автотранспорта

№ п. п.	Наименование оборудования	Тип, марка
---------	---------------------------	------------

Контрольно-измерительное оборудование

1	Сверхскоростная фоторегистрирующая установка	КФР
2	Высокоскоростные кино съемочные кинокамеры	СКС-1М ФК-1М
3	Частотомер	43-33
4	Звуковой генератор	ГЗ-33

№ п.п.	Наименование оборудования	Тип, марка
5	Генератор сигналов	Г-5-54
6	Электронно-лучевой осциллограф	H023
7	Универсальные осциллографы	С1-75 С8-12 С1-64 К-269
8	Стробоскоп	Э-104
9	Автомобильный тахометр	H048
10	Магнитограф	С1-67
11	Универсальный осциллограф	С1-63
12	5-лучевой осциллограф	ЛГ-78
13	Газовый лазер	ЛППИ-4
14	Импульсный лазер	ИАГ
15	Активный элемент лазера	ФЭК-9
16	Фотоприемники	СТЭ-1
17	Спектрограф	КИД
18	Система для измерения параметров одноцилиндровки	
19	Мотор-тестер	КИ-4397
20	Фотоаппарат	Киев-6
21	Микрофот-4	АГМ-11К
22	Пишущие машины	Ятрань, ПЭК
23	Измерительный проектор с цифровым отсчетом	ПИ-360Ц
24	Инструментальный микроскоп с цифровым отсчетом	ИМЦ 150X50
25	Двухкоординатный измерительный прибор	ДИП-4
26	Двухкоординатный автоколлиматор	АК-0,24
27	Ультразвуковой генератор	43Г-2-4М
28	Осциллографы	С9-18 С1-72 С1-77 С8-14 С612
29	Измеритель нелинейных искажений	В7-27
30	Цифровой вольтметр	Г3-118
31	Генераторы	Г3-102 Г4-107 Г4-102
32	Грузопоршневой мановакууметр (пределы измерения: избыточного давления 0...0,25 МПа, вакуумного давления 0...0,095 МПа)	ТУ50-46—78
33	Грузопоршневые манометры I и II классов с пределами измерения от 0 до 250 МПа	Разные
34	Манометры абсолютного давления	»
35	Манометры для точных измерений	»
36	Вакууметр для точных измерений	ВТИ
37	Теплоэлектрический вакууметр	ВТБ-1
38	Электрический преобразователь измерителя давления	ИПД
39	Комплекс для измерения давления цифровой (пределы измерения 1 кПа...16 МПа)	ИПДЦ
40	Цифровой вольтметр, класс 0,01—0,015	Щ-1516

№ п.п.	Наименование оборудования	Тип, марка
41	Универсальный вольтметр, класс 0,015	Щ-31
42	Образцовая катушка сопротивления, класс точности 0,01	Р-331
43	Магазин сопротивлений, класс 0,2 (пределы измерения 0...2,5 кОм)	Р-33
44	Магазин сопротивлений, класс 0,02 (пределы измерения до 1 Ом)	—
45	Потенциометр постоянного тока, класс точности 0,001	Р-363-1
46	Установка для проверки электроизмерительных приборов	У-355
47	Установка для проверки термомпар	УТТ6-ВМ
48	Установка для проверки тахометров	УТ05-60
49	Измерительный потенциометр постоянного тока, класс 0,005	Р-355
50	То же класс 0,002	Р-363-2
51	Потенциометр постоянного тока, класс 0,05	ПП-63
52	Универсальный измерительный прибор, класс 0,05	УПИП-60М
53	Установка для проверки частотомеров	У5023
54	Установка исследования системы зажигания с бортовым компьютером	«Искра»
55	Прибор для проверки герметичности	К272
56	Прибор для проверки топливных насосов двигателей	5276
57	Комплект изделий для обслуживания свечей зажигания	3203
58	Прибор для проверки электрооборудования	К203
59	Анализатор двигателя	К-461
60	Микроскоп фотоэлектрический	ДФС-51
61	Штангенглубиномер	ШГ (0—160)
62	Нутромер индикаторного типа	НИ-50А
63	Нутромеры повышенной точности	П546, 7379 модели 103, 104, 105, 109
64	Измеритель шума и вибрации	ВШВ-003 (ИШВ-1)
65	Металлографический микроскоп	МИМ-9
66	Растровый электронный микроскоп	РЭМ-100
67	Твердомеры	ТВ ТКС-14-250

Лабораторное оборудование

1	Автоматизированная система управления движением автомобиля (на стенде)	«Диана»
2	Комплект для диагностики подшипников качения	КДП-1
3	Анализатор вибрации подшипников качения	АВОК-1
4	Анализатор вибрации ДВС	АВД
5	Измеритель параметров топливоподачи	ИПТП-1
6	Анализатор топливной аппаратуры	К-261
7	Пост технического обслуживания и ремонта дилдельной аппаратуры	Р-234
8	Аппарат для промывки маслосистем двигателей	ЦКБ-1147

№ п/п	Наименование оборудования	Тип, марка
9	Установка для заправки трансмиссионным маслом	3161
10	Пресс гидравлический (10 тс)	
11	Компрессор	P-324
12	Подъемник 2-стоечный электромеханический	179
13	Машина проволочешвейная	П-133
14	Машина бумагорезальная одноножевая	БШП-4
15	Выпрямитель сварочный универсальный	ЗБР-70
16	Комплекты инструментов	ВД4-504 2446 M143
17	Комплект инструмента и приспособлений с гидравлическим приводом	И305M
18	Термопечь	
19	Сварочный трансформатор	110Н21
20	Вакуумная печь	ТС-500
21	Вакуумная плавильно-разливная установка	СТВ-24-2115-И2
22	Испытательная разрывная машина	ИСФ-016НФ
23	Разрывная машина для высоких температур	УМЭ-10ТМ
24	Испытательная машина на трение, скольжение и качение	12314-10 СМЦ-2М
25	Маятниковые копры	
		МК-15
26	Испытательная машина на ползучесть в вакууме для жаропрочных материалов	МК-30 1246Р-2/2500
27	Испытательная машина на усталость	
28	Испытательная машина	УКИ-3000Т-2
29	Угловая приставка	ИМАШ-20-78 ГМУ-1

Приложение 11

**ТАБЛИЦА ДЛЯ ПЕРЕСЧЕТА
ОБЪЕМНЫХ КОНЦЕНТРАЦИЙ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ
ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ И ПАРОВ В МАССОВЫЕ
И НАОБОРОТ (ПРИ ТЕМПЕРАТУРЕ 25°С И ДАВЛЕНИИ 101,3 кПа)**

Молекулярная масса	1 мг/м³-частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн.-мг/м³	Молекулярная масса	1 мг/м³-частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн.-мг/м³	Молекулярная масса	1 мг/м³-частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн.-мг/м³
1	24,45	0,041	11	2,223	0,45	21	1,164	0,859
2	12,23	0,082	12	2,038	0,491	22	1,111	0,9
3	8,15	0,123	13	1,881	0,532	23	1,063	0,941
4	6,113	0,164	14	1,746	0,573	24	1,019	0,982
5	4,69	0,204	15	1,63	0,614	25	0,978	1,022
6	4,075	0,245	16	1,528	0,654	26	0,94	1,063
7	3,393	0,286	17	1,438	0,695	27	0,906	1,104
8	3,056	0,327	18	1,358	0,736	28	0,873	1,145
9	2,717	0,368	19	1,287	0,777	29	0,843	1,186
10	2,445	0,409	20	1,223	0,818	30	0,815	1,227

Молекулярная масса	1 мг/м³-частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн.-мг/м³	Молекулярная масса	1 мг/м³-частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн.-мг/м³	Молекулярная масса	1 мг/м³-частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн.-мг/м³
31	0,789	1,268	81	0,302	3,31	131	0,1866	5,36
32	0,764	1,309	82	0,298	3,35	132	0,1852	5,4
33	0,741	1,35	83	0,295	3,39	133	0,1838	5,44
34	0,719	1,391	84	0,291	3,44	134	0,1825	5,48
35	0,699	1,432	85	0,288	3,48	135	0,1811	5,52
36	0,679	1,472	86	0,284	3,52	136	0,1798	5,56
37	0,661	1,513	87	0,281	3,56	137	0,1785	5,6
38	0,643	1,554	88	0,278	3,6	138	0,1772	5,64
39	0,627	1,595	89	0,275	3,64	139	0,1759	5,69
40	0,611	1,636	90	0,272	3,68	140	0,1746	5,73
41	0,596	1,677	91	0,269	3,72	141	0,1734	5,77
42	0,582	1,718	92	0,266	3,76	142	0,1722	5,81
43	0,569	1,759	93	0,263	3,8	143	0,17	5,85
44	0,556	1,8	94	0,26	3,84	144	0,1698	5,89
45	0,543	1,84	95	0,257	3,89	145	0,1686	5,93
46	0,532	1,881	96	0,255	3,93	146	0,1675	5,97
47	0,52	1,922	97	0,252	3,97	147	0,1663	6,01
48	0,509	1,963	98	0,2495	4,01	148	0,1652	6,05
49	0,499	2,004	99	0,247	4,05	149	0,1641	6,09
50	0,489	2,045	100	0,2445	4,09	150	0,163	6,13
51	0,479	2,086	101	0,2421	4,13	151	0,1619	6,18
52	0,47	2,127	102	0,2397	4,17	152	0,1609	6,22
53	0,461	2,168	103	0,2374	4,21	153	0,1598	6,26
54	0,453	2,209	104	0,2351	4,25	154	0,1588	6,30
55	0,445	2,25	105	0,2329	4,29	155	0,1577	6,34
56	0,437	2,29	106	0,2307	4,34	156	0,1567	6,38
57	0,429	2,331	107	0,2285	4,38	157	0,1557	0,42
58	0,422	2,372	108	0,2264	4,42	158	0,1547	0,46
59	0,414	2,413	109	0,2243	4,46	159	0,1537	0,50
60	0,408	2,454	110	0,2223	4,5	160	0,1528	0,54
61	0,401	2,495	111	0,2203	4,54	161	0,1519	0,58
62	0,394	2,54	112	0,2183	4,58	162	0,1509	0,63
63	0,388	2,58	113	0,2164	4,62	163	0,15	6,67
64	0,382	2,62	114	0,2145	4,66	164	0,1491	6,71
65	0,376	2,66	115	0,2126	4,7	165	0,1482	6,75
66	0,37	2,7	116	0,2108	4,74	166	0,1473	6,79
67	0,365	2,74	117	0,209	4,79	167	0,1464	6,83
68	0,36	2,78	118	0,2072	4,83	168	0,1455	6,87
69	0,354	2,82	119	0,2055	4,87	169	0,1447	6,91
70	0,349	2,86	120	0,2038	4,91	170	0,1438	6,95
71	0,344	2,9	121	0,2021	4,95	171	0,143	6,99
72	0,34	2,94	122	0,2004	4,99	172	0,1422	7,03
73	0,335	2,99	123	0,1988	5,03	173	0,1413	7,08
74	0,33	3,03	124	0,1972	5,07	174	0,1405	7,12
75	0,326	3,07	125	0,1956	5,11	175	0,1397	7,16
76	0,322	3,11	126	0,194	5,15	176	0,1389	7,20
77	0,318	3,15	127	0,1925	5,19	177	0,1381	7,24
78	0,313	3,19	128	0,191	5,24	178	0,1374	7,28
79	0,309	3,23	129	0,1895	5,28	179	0,1366	7,32
80	0,306	3,27	130	0,1881	5,32	180	0,1358	7,36

Молекулярная масса	1 мг/м ³ частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. - мг/м ³	Молекулярная масса	1 мг/м ³ частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. - мг/м ³	Молекулярная масса	1 мг/м ³ частей на 1 млн.	1 часть на 1 млн. - мг/м ³
181	0,1351	7,40	209	0,117	8,55	237	0,1032	9,69
182	0,1343	7,44	210	0,1164	8,59	238	0,1027	9,73
183	0,1336	7,48	211	0,1159	8,63	239	0,1023	9,78
184	0,1329	7,53	212	0,1153	8,67	240	0,1019	9,82
185	0,1322	7,57	213	0,1148	8,71	241	0,1015	9,86
186	0,1315	7,61	214	0,1143	8,75	242	0,1010	9,90
187	0,1308	7,65	215	0,1137	8,79	243	0,1006	9,94
188	0,1301	7,69	216	0,1132	8,83	244	0,1002	9,98
189	0,1294	7,73	217	0,1127	8,88	245	0,0998	10,02
190	0,1287	7,77	218	0,1122	8,92	246	0,0994	10,06
191	0,128	7,81	219	0,1116	8,96	247	0,099	10,10
192	0,1273	7,85	220	0,1111	9,00	248	0,0986	10,14
193	0,1267	7,89	221	0,1106	9,04	249	0,0982	10,18
194	0,126	7,93	222	0,1101	9,08	250	0,0978	10,22
195	0,1254	7,98	223	0,1096	9,12	251	0,0974	10,27
196	0,1247	8,02	224	0,1092	9,16	252	0,097	10,31
197	0,1241	8,06	225	0,1087	9,20	253	0,0966	10,35
198	0,1235	8,10	226	0,1082	9,24	254	0,0963	10,39
199	0,1229	8,14	227	0,1077	9,28	255	0,0959	10,43
200	0,1229	8,18	228	0,1072	9,33	256	0,0955	10,47
201	0,1126	8,22	229	0,1068	9,37	257	0,0951	10,51
202	0,121	8,26	230	0,1063	9,41	258	0,0948	10,55
203	0,1204	8,30	231	0,1058	9,45	259	0,0944	10,59
204	0,1199	8,34	232	0,1054	9,49	260	0,094	10,63
205	0,1193	8,38	233	0,1049	9,53	261	0,0937	10,67
206	0,1187	8,43	234	0,1045	9,57	262	0,0933	10,72
207	0,1181	8,47	235	0,104	9,61	263	0,093	10,76
208	0,1175	8,51	236	0,1036	9,65	264	0,0926	10,80

**МОЛЕКУЛЯРНАЯ МАССА И ПЛОТНОСТЬ
ОСНОВНЫХ ТОКСИЧНЫХ КОМПОНЕНТОВ ОТРАБАТВАВШИХ ГАЗОВ**

Газообразные вещества	Химическая формула	Молекулярная масса	Плотность, кг/м ³
Оксид азота	NO	30	1,34
Диоксид азота	NO ₂	46	2,14
Акролеин	CH ₂ =CHC(O)H	56	2,5
Аммиак	NH ₃	17	0,76
Ацетилен	C ₂ H ₂	26	1,16
Бенз (а) пирен	C ₂₀ H ₁₂	252	11,25
Водород	H ₂	2	0,09
Метан	CH ₄	16	0,715
Сернистый газ (оксид серы)	SO ₂	64	2,86
Сероводород	H ₂ S	34	1,52
Углекислый газ (диоксид углерода)	CO ₂	44	1,96
Оксид углерода	CO	28	1,25
Фенол	C ₆ H ₅ OH	94	4,19
Формальдегид	HC(O)H	30	1,34

В этом приложении приводится выписка из «Положения об организации пунктов контроля и регулирования автомобилей по токсичности», Минавто-транс РСФСР, НИИАТ, Москва, 1988

**ПОЛОЖЕНИЕ
О КОНТРОЛЬНО-РЕГУЛИРОВОЧНОМ ПУНКТЕ ТОКСИЧНОСТИ**

1. Общие сведения

1.1. В соответствии с Законом «О государственном предприятии (объединении)» (ст. 20) в интересах настоящего и будущих поколений предприятия обязаны охранять окружающую среду и осуществлять природоохранные мероприятия, компенсирующие отрицательные воздействия на нее.

Лица, виновные в нарушении установленных законами норм, правил, требований по охране окружающей среды несут уголовную, административную или иную ответственность.

1.2. Для проверки и регулировки* двигателей автомобилей на соответствие состава отработавших газов нормам действующих стандартов по токсичности на всех автотранспортных предприятиях (АТП), авторемонтных предприятиях (АРП), станциях технического обслуживания автомобилей (СТО) или иных предприятиях, имеющих в ведении автомобильный транспорт, целесообразно создание контрольно-регулирующих пунктов токсичности (дымности) — КРП. Предприятия, имеющие менее 100 автомобилей, могут производить работу по проверке токсичности (дымности), а также по регулировке системы питания с использованием КРП крупных предприятий в порядке, установленном соответствующими положениями.

1.3. Для соблюдения требований стандартов на токсичность (дымность) при работе на КРП необходимо руководствоваться действующими нормативно-техническими документами.

1.4. К основным работам, выполняемым на КРП, относятся:
контроль за содержанием оксида углерода и углеводородов в ОГ автомобилей с бензиновыми двигателями;
контроль за дымностью отработавших газов автомобилей с дизелями;
регулировка внешних элементов топливной системы, влияющих на токсичность;
оформление необходимой документации.

2. Организация работ на КРП

2.1. Ответственность за организацию КРП и выполнение на нем работ по соблюдению норм токсичности возлагается на главного инженера предприятия.

2.2. Для выполнения работ на КРП приказом по предприятию назначаются специалисты, хорошо знакомые с устройством, работой и регулировкой автомобильных двигателей (слесарь по ремонту топливной аппаратуры, механик и т. д.).

2.3. КРП должен располагаться в отдельном помещении, допускается его размещение в зоне обслуживания автомобилей или совмещение с постом диагностики.

2.4. Работники КРП непосредственно подчиняются начальнику отдела технического контроля предприятия.

2.5. Регулирующие работы выполняются в соответствии с инструкциями заводов-изготовителей автомобилей (двигателей), а также иной действующей нормативно-технической и методической документации.

2.6. Автомобиль на КРП направляется после мойки и устранения явных дефектов систем и механизмов двигателя, в том числе системы выпуска отработавших газов.

* Здесь и далее в таком контексте более точным является термин «регулирование». (Прим. ред.).

2.7. Проверку автомобилей на токсичность и дымность в соответствии с действующими стандартами проводится на КРП не реже, чем при ТО₂, после ремонта и регулировки агрегатов, систем и узлов, влияющих на токсичность (дымность), после обкатки капитально отремонтированных автомобилей, перед государственными периодическими техническими осмотрами, по заявкам водителей автомобилей.

2.8. При повышенной токсичности (дымности) работниками КРП с помощью имеющегося оборудования устанавливаются ее причины и проводятся регулировочные работы по топливной аппаратуре и системе зажигания.

2.9. Все автомобили, поступающие в эксплуатацию, должны пройти проверку токсичности (дымности) на КРП и получить «Талон токсичности».

Выпуск на линию автомобилей без «Талона токсичности» допускается исключительно по ПИСЬМЕННОМУ РАЗРЕШЕНИЮ РУКОВОДИТЕЛЯ ПРЕДПРИЯТИЯ.

2.10. «Талон токсичности» предъявляется водителем по требованию работников и представителей специально уполномоченных органов государственного контроля, работников КРП и представителей ведомственного контроля.

2.11. При положительных результатах проверки на КРП в «Талоне токсичности» ставится штамп «Норма», подпись проверяющего, указывается дата проверки.

2.12. При отсутствии возможности снижения токсичности на КРП до предусмотренных норм автомобиль направляется в ремонтную зону с указанием в ремонтном листке дефектов, которые необходимо устранить. При этом «Талон токсичности» у водителя изымается.

После устранения дефектов, являющихся причиной повышенной токсичности, автомобиль направляется на КРП для вторичного контроля. При положительных результатах проверки в «Талоне токсичности» ставится штамп «Норма», подпись проверяющего, проставляется дата проверки, и талон выдается водителю.

2.13. Результаты контроля и перечень выполняемых на КРП работ заносятся в «Журнал учета контроля токсичности», составленный по форме, указанной ниже.

3. Оборудование КРП

3.1. КРП должен иметь: приборы для измерения токсичности (газоанализаторы, дымомеры); инструмент и диагностическое оборудование для выполнения регулировочных работ; устройства для удаления отработавших газов автомобилей из зоны ведения работ.

3.2. Оборудование КРП должно обеспечивать: точность измерения с погрешностью, не превышающей величин, установленных действующими государственными стандартами по токсичности и дымности отработавших газов автомобилей; возможность выполнения регулировочных операций для осуществления полного комплекса работ по снижению токсичности до установленных норм; удобство выполнения измерений и возможности их автоматизации; минимальные затраты времени на проведение контроля токсичности.

4. Права и обязанности работников КРП

4.1. Работник КРП обязан: знать и изучать нормативно-техническую документацию, регламентирующую методы контроля токсичности автомобилей и способы ее снижения; обеспечивать, согласно установленному порядку, качественное проведение контрольно-регулирующих работ, информировать руководство предприятия о нарушениях регулярности контроля; производить контроль токсичности (дымности) в строгом соответствии с требованиями действующих нормативных документов;

снижать путем регулировочных воздействий токсичность отработавших газов до предусмотренных норм. При отсутствии возможности снижения токсичности (дымности) на КРП направлять автомобили для устранения неисправностей в ремонтную зону;

следить за исправностью оборудования КРП и проводить своевременную поверку, техническое обслуживание, ремонт газоанализаторов и других приборов;

выполнять правила техники безопасности; своевременно заносить в «Журнал учета контроля токсичности» результаты контроля и перечень выполненных регулировочных и ремонтных работ; пропагандировать технические знания по вопросам охраны окружающей среды от вредного воздействия автомобильного транспорта.

4.2. Работник КРП имеет право: требовать постановки автомобилей на проверку токсичности (дымности) в строгом соответствии с установленными требованиями;

представлять руководству предприятия предложения по улучшению организации работ, способствующих снижению токсичности (дымности);

вносить предложения о поощрении водителей, обеспечивающих мало-токсичную работу автомобилей, и наложении взысканий на лиц, допускающих эксплуатацию автомобилей с токсичностью выше установленных норм.

5. Документация КРП

5.1. КРП должен быть обеспечен следующей нормативно-технической и методической документацией:

действующими нормами предельно допустимых выбросов; инструкциями заводов-изготовителей по эксплуатации автомобилей и двигателей;

инструкциями предприятий-изготовителей по эксплуатации средств измерений (газоанализаторов, дымомеров, тахометров);

инструкциями по проверке, регулировке и ремонту автомобилей для обеспечения минимальной токсичности и дымности отработавших газов;

бланками «Талонов токсичности».

Кроме того, на КРП должен быть заведен журнал учета по контролю токсичности.

6. Требования безопасности

6.1. Технологический процесс на КРП по проверке и регулировке автомобильных двигателей на токсичность должен отвечать общим требованиям безопасности труда в соответствии с действующими нормами и правилами.

6.2. Помещения, предназначенные для КРП, должны быть оборудованы принудительной или обеспечены естественной вентиляцией, при этом температура, относительная влажность и скорость движения воздуха в рабочей зоне КРП, а также предельно допустимые концентрации вредных веществ в воздухе рабочей зоны не должны превышать установленных норм.

6.3. Профессия работающих на КРП должна соответствовать группе производственных процессов IIIа. При этом для данной профессии работающих должны быть предусмотрены душевые и искусственная вентиляция шкафов для спецодежды.

6.4. Характеристика места размещения КРП должна соответствовать средней тяжести категории работ IIб.

6.5. Система освещения на КРП должна быть общей с разрядом у зрительных работ при естественном освещении и с разрядом и подзарядом Va при искусственном освещении.

6.6. Общий уровень шума, вибрации на рабочих местах КРП не должны превышать значений, регламентируемых действующими государственными стандартами.

6.7. При измерениях должны быть приняты меры, исключающие самопроизвольное движение автомобиля.

7. Основные сведения о КРП

7.1. Талон токсичности (размер талона 104×73 мм).

Лицевая сторона

Наименование предприятия, выдавшего талон _____

Талон токсичности _____

Модель автомобиля _____

Государственный номерной знак _____

Год выпуска автомобиля _____

Оборотная сторона

Дата проверки

Результат проверки

Подпись исполнителя
(оператор КРП)

Примечание. Положительный результат проверки отмечается в талоне штампом КРП «Норма».

7.2. Журнал учета контроля токсичности.

№ п. п.	Дата проверки	Госуд. номер автомашины	Выполненные работы	Содержание СО, или дымность		Отметка о выдаче или изъятии талона, подпись оператора КРП
				до регулировки	после регулировки	
2	2	3	4	5	6	7

Примечание. В графе 7 ставится штамп «Норма» или делается запись «Талон изъят».

7.3. Перечень основных приборов для измерения токсичности и дымности отработавших газов.

1. Инфракрасный газоанализатор И21ФА-01 для измерения содержания оксида углерода в отработавших газах карбюраторных двигателей.
 2. Переносной малогабаритный газоанализатор ГТ-1 для контроля измерения содержания оксида углерода (СО) в отработавших газах.
 3. Газоанализатор ГИАМ-23 для измерения содержания углеводородов в отработавших газах и частоты вращения коленчатого вала двигателей автомобилей и мотоциклов, измерения содержания оксида углерода.
 4. Трехкомпонентный газоанализатор ФГИ-1 для измерения содержания углеводородов, оксида углерода и диоксида углерода в отработавших газах автомобильных двигателей.
 5. Измеритель непрозрачности отработавших газов автомобилей ИНА-109 (переносной дымомер) для измерения дымности отработавших газов автомобилей с дизелями.
 6. Газоанализатор ГИАМ-22 для измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах дизелей.
 7. Газоанализатор ГИАМ-21 для измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах карбюраторных двигателей.
- Кроме перечисленных основных приборов на КРП необходимо иметь оборудование, указанное в таблице.

282

№ п.п.	Наименование	Модель	Количество	Примечание
1	Прибор для определения технического состояния цилиндропоршневой группы автомобильных двигателей	К-69М	1	Для бензиновых двигателей и дизелей
2	Прибор автомобильный стробоскопический	ПАС-2	1	То же
3	Комплект изделий для очистки и проверки свечей зажигания	8-203	1	Для бензиновых двигателей и дизелей
4	Тахометр автомобильный	8-213	1	То же
5	Тахометр с наконечниками	ИО-11	1	Для дизелей
6	Прибор для проверки работы топливного насоса без снятия его с двигателя	НИИАТ-527Б	1	Для бензиновых двигателей
7	Расходомер топлива	РТ-71	1	То же
8	Компрессометр	628	1	Для дизелей
9	Комплект приборов для проверки топливной аппаратуры дизелей	—	1	То же
10	Комплект инструментов для обслуживания электрооборудования на автомобиле	—	1	Общий
11	Комплект инструментов для регулировщика-карбюраторщика	—	1	Для бензиновых двигателей
12	Газоанализаторы и дымомеры	—	—	Общие

Примечание. На КРП могут быть использованы также стенды и приборы, позволяющие проверять сопротивление контактов, угол замкнутого состояния контактов прерывателя, напряжение катушки зажигания, в том числе: мотор-тест КИ-4897; стенд Элкон С-100, С-104, С-108; пост проверки электрооборудования 537М; прибор для проверки разности мощностей по цилиндрам Э-216М; прибор для проверки и регулировки прерывателей-распределителей Э-213.

7.4. Основные правила эксплуатации приборов (газоанализаторов, дымомеров, тахометров).

1. Эксплуатация газоанализаторов, дымомеров и тахометров должна проводиться в строгом соответствии с инструкцией по эксплуатации или другими документами на приборы.
2. Измерения состава газов проводятся только в условиях, оговоренных в инструкции по эксплуатации.
3. Запрещается нарушать на приборах пломбы, подлежащие снятию только в органах государственного надзора и организациях, выполняющих ремонт и проверку.
4. Все приборы подлежат проверке в органах государственной метрологической службы (лабораториях государственного надзора) в сроки, установленные Госстандартом.
5. Приборы на проверку представляет лицо, ответственное за них. Контроль за своевременной проверкой приборов осуществляет главный инженер предприятия.
6. Ответственность за хранение и исправность приборов несет лицо, закрепленное приказом по предприятию.
7. Гарантийный и другие виды ремонта газоанализаторов осуществляются по адресу: 142608, г. Орехово-Зуево, Московской обл., Малодубенское шоссе, дом 18, Центравтотех. Адрес для вагонных и мелких отправок: ст. Орехово, 25000, Моск. ж. д., лаборатория Центравтотеха. Тел. 2-63-72, 2-63-95 (этот пункт подлежит предварительному уточнению).

Гарантийный срок на импортные газоанализаторы составляет 9 месяцев с момента ввоза газоанализаторов через границу. При поставке неисправных импортных газоанализаторов для гарантийного ремонта необходим акт экспертизы, заверенный представителем торгово-промышленной палаты (по месту эксплуатации газоанализаторов).

283

ИНСТРУКЦИЯ*
ПО ПРОВЕРКЕ, РЕГУЛИРОВКЕ И РЕМОНТУ
ТОПЛИВНОЙ АППАРАТУРЫ С ЦЕЛЬЮ ОБЕСПЕЧЕНИЯ
МИНИМАЛЬНОЙ ДЫМНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ
АВТОМОБИЛЕЙ С ДИЗЕЛЯМИ
 Минавтотранс РСФСР, ГНТУ, НИИАТ, Москва, 1989 (выписка)

1. Общие положения

1.1. При работе автомобилей с дизелями (далее автомобилями) происходит выброс в окружающую среду отработавших газов, в состав которых входят токсичные вещества. Часть этих токсичных веществ находится в отработавших газах в виде аэрозолей (мелких, взвешенных, в основном сажевых частиц), которые создают дымность отработавших газов (далее дымность).

Воздух, загрязненный токсичными веществами отработавших газов автомобилей, оказывает вредное воздействие на здоровье населения, растительность и животный мир. В связи с этим необходимо принимать меры по уменьшению загрязнения атмосферного воздуха вредными компонентами отработавших газов.

1.2. Дымность автомобилей зависит от количества аэрозолей, содержащихся в отработавших газах. Уровень дымности, даже на автомобилях одной модели, при работе в одних и тех же условиях, различен и, в зависимости от их технического состояния, изменяется в широких пределах. Оценка дымности производится по показателю, характеризующему степень поглощения светового потока отработавшими газами.

1.3. Основными факторами, влияющими на изменение дымности автомобилей, являются техническое состояние двигателя и качество соблюдения регулировочных параметров его систем. Наибольшее влияние на дымность оказывает техническое состояние топливной аппаратуры.

Автомобили с технически неисправной или неправильно отрегулированной топливной аппаратурой, как правило, имеют повышенную дымность. Наряду с этим, на автомобилях с технически исправной аппаратурой дымность не превышает установленных норм.

Следовательно, уже в настоящее время, автотранспортные предприятия имеют возможность путем поддержания надлежащего технического состояния двигателя и правильной регулировки топливной аппаратуры значительно снизить дымность.

1.4. Повышенная дымность свидетельствует как о неисправности систем двигателя, так и о перерасходе топлива данным автомобилем. Таким образом, работы по уменьшению дымности приведут к снижению расхода топлива автомобилями.

1.5. Для уменьшения загрязнения атмосферного воздуха аэрозолями отработавших газов автомобилей необходимо своевременно выявлять автомобили с неисправностями двигателя или неправильно отрегулированной топливной аппаратурой и принимать соответствующие меры. С этой целью в каждом автотранспортном и авторемонтном предприятиях должен быть организован контроль за дымностью.

2. Измерение дымности

2.1. Порядок проверки автомобилей на дымность и нормы предельно допустимого ее содержания регламентированы ГОСТ 21393—75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработавших газов. Нормы и методы измерений. Требования безопасности» (переиздание 1986 г., с изм. № 1).

* В случае расхождений с первичными документами нужно использовать последние. (Прим. ред.)

2.2. Дымность при измерении на режиме свободного ускорения не должна превышать для двигателей без наддува 40%, с наддувом — 50%. При проверке на режиме максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя дымность автомобилей не должна превышать 15%.

2.3. В автотранспортных предприятиях проверке подвергаются автомобили не реже, чем при прохождении ТО2, а также после ремонта или регулировки топливной аппаратуры и других систем двигателя, оказывающих влияние на изменение дымности.

В авторемонтных предприятиях проверке подлежат автомобили с дизелями, прошедшие капитальный ремонт.

Проверка автомобилей может проводиться на одном из постов технического обслуживания, диагностики или на контрольно-регулирующем пункте (КРП). Осуществляется проверка слесарем по ремонту топливной аппаратуры, механиком или специально выделенным работником.

2.4. В авторемонтных предприятиях проверка автомобилей производится после их обкатки пробегом, а двигателей — после обкатки на стенде, при отсоединенном тормозном (динамометрическом) устройстве.

2.5. Для контроля дымности автомобилей, согласно приведенной ниже методике (пп. 2.6 и 2.7), могут использоваться приборы ИНА-109, МК-3 (фирмы «Хартридж») и другие дымомеры, которые соответствуют основным требованиям, приведенным в приложении 2 к ГОСТ 21393—75.

2.6. Проверка дымности производится на неподвижно стоящем автомобиле, при работе двигателя на двух режимах: свободном ускорении (разгон двигателя на холостом ходу от минимальной до максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя); максимальной частоте вращения коленчатого вала двигателя на холостом ходу.

2.7. Измерение дымности проводится на предварительно прогретом двигателе до температуры охлаждающей жидкости не ниже указанной заводом-изготовителем (но не менее 75° С).

2.7.1. Порядок проверки:

- заглушить двигатель;
- затормозить автомобиль стояночным тормозом;
- подложить под колеса упоры (башмаки);
- установить рычаг переключения передач (избиратель скоростей для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение;
- убедиться в исправности выпускной системы (внешним осмотром), система не должна иметь дефектов, приводящих к утечке газа или подсосу воздуха;

установить пробоотборный зонд в выпускную трубу или подсоединить к выпускной трубе устройство дымомера в соответствии с инструкцией по эксплуатации;

- включить и подготовить дымомер к работе;
- завести двигатель;
- при работающем двигателе нажать педаль подачи топлива до упора, установив максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя.

Этот режим необходим для прогрева прибора до температуры, указанной в Инструкции по эксплуатации прибора. Продолжительность работы на данном режиме, как правило, не превышает 20 с, после чего необходимо отпустить педаль подачи топлива и дать двигателю проработать до установления минимальной частоты вращения коленчатого вала.

2.7.2. На автомобилях, имеющих неисправную выпускную систему (заметный прорыв отработавших газов через неплотности в соединениях, прогары и повреждения), проводить проверку дымности запрещается до устранения этих неисправностей.

2.7.3. Измерение дымности на режиме свободного ускорения следует проводить сразу же после прогрева прибора и последующего установления минимальной частоты вращения коленчатого вала:

Возможные причины повышенной дымности и способы их устранения

Режим работы двигателя с дымностью выше нормы	Возможная причина неисправности	Способ устранения неисправности
Режим свободного ускорения	Цикловая подача топлива превышает номинальную величину	Снять топливный насос высокого давления (ТНВД) и на стенде отрегулировать его подачу в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя
То же	Повышенное сопротивление впускной системы (загрязнение или повреждение воздушного фильтра)	Снять воздушный фильтр, разобрать его и промыть фильтрующий элемент, устранить повреждения
»	Частичное закоксование сопловых отверстий распылителей	Заменить распылители или очистить сопловые отверстия
»	Увеличение теплового зазора в клапанном механизме	Отрегулировать тепловой зазор в соответствии с инструкцией завода-изготовителя
Режим максимальной частоты вращения коленчатого вала	Неравномерность цикловой подачи топлива по цилиндрам:	
	а) поломка пружин толкателей ТНВД	Заменить пружины
	б) неравномерность цикловой подачи топлива по секциям	Снять ТНВД и отрегулировать на стенде
	в) негерметичность топливopроводов высокого давления	Заменить топливopроводы
	г) засорение и закоксовывание сопловых отверстий распылителей	Заменить распылители или очистить сопловые отверстия
	д) зависание плунжера ТНВД	Заменить плунжерную пару и отрегулировать ТНВД на стенде
То же	Уменьшение давления начала открытия иглы форсунки	Отрегулировать давление начала открытия иглы форсунки в соответствии с инструкцией завода-изготовителя
»	Попадание масла в камеру сгорания:	
	а) повышенный уровень масла из-за попадания топлива	Устранить утечку топлива в поддон картера
	б) износ цилиндропоршневой группы	Заменить цилиндропоршневую группу
	в) залегание в канавках поршня компрессионных и маслосъемных колец	Заменить компрессионные и маслосъемные кольца

для измерения дымности на режиме свободного ускорения необходимо быстро, но не резко, нажать до упора педаль подачи топлива, увеличив частоту вращения коленчатого вала двигателя от минимальной до максимальной. После достижения максимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя отпустить педаль подачи топлива и дать установиться минимальной частоте вращения вала двигателя. Такой цикл повторить 10 раз с интервалом не более 15 с;

измерение дымности на этом режиме производить при последних четырех циклах по максимальному отклонению стрелки показывающего прибора дымомера. За результат измерения принимается среднее арифметическое значение дымности на четырех последних циклах. Измерения считаются достоверными, если показания на них не отличаются более, чем на шесть единиц измерения по шкале прибора.

2.7.4. Проверка дымности на режиме максимальной частоты вращения коленчатого вала осуществляется не позднее, чем через 60 с после проверки на режиме свободного ускорения;

для проверки на этом режиме необходимо при работе двигателя с минимальной частотой вращения коленчатого вала двигателя нажать до упора на педаль подачи топлива и зафиксировать ее в этом положении, установив максимальную частоту вращения коленчатого вала двигателя;

измерение дымности производить не ранее, чем через 30 с после выпуска отработавших газов в прибор. Измерение считать достоверным, если колебания стрелки показывающего прибора дымомера не превышают более шести единиц измерения по шкале прибора. За результат измерения следует принимать среднее арифметическое значение, определенное от крайних значений диапазона допустимых колебаний.

2.8. На автомобилях с двумя выпускными трубами дымность определяется в каждой из них отдельно. Оценка дымности производится по максимальному значению.

2.9. Результаты измерений дымности заносятся в карточку, составленную по форме приложения 3 к ГОСТ 21393—75.

2.10. При превышении норм ГОСТ 21393—75, автомобиль к дальнейшей эксплуатации не допускается до устранения причин, вызывающих повышенное дымление.

2.11. Для предупреждения загрязнения воздуха на посту проверки и улучшения условий труда необходимо оборудовать пост принудительной (или обеспечить естественную) вентиляции, обеспечивающей выполнение санитарно-гигиенических требований к воздуху рабочей зоны по ГОСТ 12.1.005—76. Уровень шума и вибрации в зоне проведения измерений не должен превышать норм, установленных ГОСТ 12.1.003—83 и ГОСТ 12.1.012—78. При проведении измерений должны быть приняты необходимые меры, исключающие самопроизвольное движение автомобиля.

3. Рекомендации по определению причин повышенной дымности

3.1. При проверке дымности отработавших газов не соответствие ГОСТ 21393—75 возможны различные ситуации, при которых необходимо производить работы, направленные на снижение дымности до установленных норм.

Причины повышенной дымности и способы устранения неисправностей представлены в табл. 3.1 (здесь и далее нумерация таблиц в каждом приложении самостоятельная).

Режим работы двигателя с дымностью выше нормы	Возможная причина неисправности	Способ устранения неисправности
Режимы свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала	г) износ стержней впускных и выпускных клапанов	Заменить клапаны
	д) повышенный уровень масла в воздухоочистителе	Установить нормальный уровень
	Запаздывание впрыска топлива:	
	а) запаздывание подачи топлива по секциям	Снять ТНВД и на стенде установить нормальное опережение впрыска топлива
	б) запаздывание подачи за счет износа привода кулачкового вала ТНВД	Заменить неисправные детали привода
Режимы свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала То же	в) неправильная установка угла опережения впрыска	Установить угол опережения впрыска в соответствии с рекомендациями завода-изготовителя
	г) запаздывание впрыска топлива на повышенном скоростном режиме при несрабатывании автоматической муфты опережения впрыска	Снять ТНВД с муфтой и на стенде установить нормальное автоматическое опережение впрыска на повышенной частоте вращения
	Частота вращения коленчатого вала двигателя выше номинальной	Снять насос и на стенде установить конец выброса рейки в соответствии с рекомендацией завода-изготовителя
	Уменьшение теплового зазора клапанного механизма	Отрегулировать тепловой зазор в соответствии с инструкцией завода-изготовителя
	Зависание или неплотное прилегание к седлу клапанов газораспределительного механизма	Отрегулировать тепловые зазоры в соответствии с инструкцией завода-изготовителя; притереть клапаны
»	Резкое падение давления открытия запорной иглы форсунки:	Снять и проверить форсунку на стенде
	а) поломка пружины форсунки	Заменить пружину
	б) зависание иглы или подтекание форсунки	Заменить распылитель
	Увеличение сопротивления выпускной системы:	
	а) засорение выпускной системы	Очистить выпускную систему
б) погнутость, вмятины на деталях выпускной системы	Устранить механические дефекты	

Режим работы двигателя с дымностью выше нормы	Возможная причина неисправности	Способ устранения неисправности
Режимы свободного ускорения и максимальной частоты вращения коленчатого вала	Потеря компрессии двигателя вследствие нагара на поршневых кольцах, залегания колец, потери упругости колец, износа цилиндров, негерметичности прокладки между блоком цилиндров и головкой блока	Необходима замена поршневых колец, поршней, цилиндровых гильз, прокладки

4. Проверка и регулирование форсунок

4.1. Испытание форсунок заключается в проверке давления начала подъема иглы распылителя, герметичности распылителя и качества распыливания топлива. Проверку и регулирование форсунок рекомендуется производить на приборе КИ-15-706 или на другом, аналогичном по конструкции приборе.

4.2. Давление начала подъема иглы у форсунок «33» двигателей КамАЗ-740 должно быть равным $18^{+0,5}$ МПа, для форсунок «33-01» — $21,57 \dots 22,16$ МПа, а у двигателей ЯМЗ-236; 238 — $16,5^{+1,6}$ МПа.

Регулирование давления начала подъема иглы форсунки двигателей КамАЗ-740 осуществляется регулировочными шайбами, установленными под пружину форсунки, а двигателей ЯМЗ-236; 238 — регулировочным винтом. Изменение толщины шайб на 0,05 мм приводит к изменению давления начала подъема иглы на 0,3...0,5 МПа.

4.3. Герметичность по запирающему конусу проверяется созданием в форсунке давления на 1...1,5 МПа ($10 \dots 15$ кгс/см²) меньше давления начала впрыскивания, установленного в технических условиях на форсунки*.

4.4. Оценка качества распыливания форсунок двигателей производится на приборе при натяжке пружины на давления начала подъема иглы, указанные в п. 4.2.

Качество распыливания считается удовлетворительным, если при подводе топлива в форсунку со скоростью 70...80 качаний в минуту оно впрыскивается в атмосферу в туманообразном состоянии и равномерно распределяется по поперечному сечению конуса струи.

Начало и конец впрыска должны быть четкими. Впрыск топлива форсункой обычно сопровождается характерным резким звуком. Однако отсутствие резкого звука у форсунок при проверке их на ручном стенде не служит критерием, определяющим качественную работу форсунки.

5. Проверка и регулирование топливных насосов высокого давления (ТНВД)

5.1. ТНВД на стенде проверяются по следующим параметрам: начало подачи топлива секциями, величина и равномерность подачи топлива.

5.2. Начало подачи топлива секциями проверяется на стенде с помощью

* В течение 15 с пропуск топлива через запирающийся конус не допускается.

моментоскопа. Перед регулированием нужно проверить герметичность нагнетательных клапанов, для этого к корпусу ТНВД с помощью топливо-подкачивающего насоса стенда подводится топливо под давлением 0,1... 0,2 МПа, а после выворачивания пробок топливного канала в корпусе ТНВД, выпускается воздух. При положении реек, соответствующем выключенной подаче, подтекание топлива из соединительных ниппелей в течение двух минут не допускается.

Для проверки начала подачи топлива необходимо к штуцеру восьмой секции для ТНВД двигателей КамАЗ-740, а для ЯМЗ-236; 238 — к первой секции присоединить моментоскоп и повернуть вручную вал насоса до появления топлива в трубке моментоскопа.

Проворачивая вал стенда по часовой стрелке, определить момент начала подачи топлива. В момент начала движения топлива в моментоскопе метки на корпусе ТНВД и ведомой полумуфте должны совпадать.

Если в момент начала движения топлива в моментоскопе метки не совпали, необходимо определить действительное начало подачи топлива, которое у правильно отрегулированного ТНВД двигателя КамАЗ-740 должно происходить за $40^{\circ}30' \pm 30'$ и $41^{\circ}30' \pm 30'$ до оси симметрии кулачка.

Для определения положения оси симметрии кулачка нужно, проворачивая вал стенда по часовой стрелке, следить за уровнем топлива в трубке моментоскопа и в момент начала его подъема зафиксировать этот момент на лимбе стенда. После этого повернуть вал стенда еще на 90° и, вращая его затем против часовой стрелки, снова зафиксировать на лимбе момент начала подъема топлива в моментоскопе. Середина между двумя зафиксированными точками определяет ось симметрии кулачка.

Регулирование начала подачи топлива у ТНВД двигателя КамАЗ-740 производится путем установки под плунжер пята толкателя определенной толщины, а у ТНВД двигателей ЯМЗ-236; 238 — болтом толкателя.

Изменение толщины пята толкателя на 0,05 мм соответствует $0^{\circ}12'$ угла поворота кулачкового вала.

Если угол, при котором начинается подача топлива, принять за 0° , то остальные секции должны начать подачу топлива в порядке, указанном в табл. 5.1.

Таблица 5.1

Порядок подачи топлива секциями ТНВД

Двигатель КамАЗ-740	Двигатель ЗИЛ-645	Двигатель ЯМЗ-236	Двигатель ЯМЗ-238
Секция № 8— 0°	Секция № 1— 0°	Секция № 1— 0°	Секция № 1— 0°
Секция № 4— 45°	Секция № 2— 45°	Секция № 4— 45°	Секция № 3— 45°
Секция № 5— 90°	Секция № 8— 90°	Секция № 2— 120°	Секция № 6— 90°
Секция № 7— 135°	Секция № 4— 135°	Секция № 5— 165°	Секция № 2— 135°
Секция № 3— 180°	Секция № 3— 180°	Секция № 3— 240°	Секция № 4— 180°
Секция № 6— 225°	Секция № 6— 225°	Секция № 6— 285°	Секция № 5— 225°
Секция № 2— 270°	Секция № 5— 270°		Секция № 7— 270°
Секция № 1— 315°	Секция № 7— 315°		Секция № 8— 315°

Неточность интервала между началом подачи топлива любой секцией ТНВД допускается не более $20'$.

5.3. Величина и равномерность подачи топлива секциями ТНВД регулируются с рабочим комплектом форсунок, закрепленных за секциями и соответствующих модели двигателя.

Регулирование ТНВД производится при давлении топлива на входе в насос 0,05... 0,1 МПа при 1300 мин^{-1} для двигателей КамАЗ-740 и при том же давлении, но при 1050 мин^{-1} для двигателей ЯМЗ-236; 238.

Проверку и регулирование величины и равномерности подачи топлива секциями ТНВД необходимо выполнять в следующей последовательности: проверить и при необходимости отрегулировать, в пределах $350 \dots 400 \text{ мин}^{-1}$ для двигателей КамАЗ-740 и $250 \dots 300 \text{ мин}^{-1}$ для двигателей ЯМЗ-236; 238 частоту вращения кулачкового вала насоса ($n_{\text{кв}}$) при полном выключении подачи топлива регулятором при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения минимального скоростного режима; повернуть рычаг управления регулятором до упора в болт ограничения максимального скоростного режима и проверить $n_{\text{кв}}$, при которой начинается выброс реек в сторону уменьшения подачи.

Начало выброса реек должно происходить у двигателей КамАЗ-740 при $1350^{+10} \text{ мин}^{-1}$, а у двигателей ЯМЗ-236; 238 — при $1070^{+10} \text{ мин}^{-1}$. Вывертывание болта ограничения максимального скоростного режима увеличивает частоту вращения вала начала выброса рейки.

При этом же положении рычага управления регулятором проверить частоту вращения для полного выключения подачи, которая должна быть равной $1500^{+50} \text{ мин}^{-1}$ для двигателей КамАЗ-740 и $1120^{+30} \text{ мин}^{-1}$ для двигателей ЯМЗ-236; 238.

Чтобы снизить частоту вращения в конце выброса реек, следует несколько вывернуть регулировочный болт пружины регулятора у двигателей КамАЗ-740 или винт двулучевого рычага у двигателей ЯМЗ-236; 238. После этого необходимо снова установить болтом ограничения максимального скоростного режима у соответствующего двигателя частоту вращения начала выброса реек, равную $1350^{+10} \text{ мин}^{-1}$ или $1070^{+10} \text{ мин}^{-1}$;

при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения максимального скоростного режима при $(1290 \pm 10) \text{ мин}^{-1}$ для двигателей КамАЗ-740, а для двигателей ЯМЗ-236; 238 — при $(1030 \pm 10) \text{ мин}^{-1}$ (частота вращения кулачкового вала насоса) проверить производительность секций ТНВД. Объем подаваемого топлива должен быть: для двигателей КамАЗ-740 — $73 \dots 74,5 \text{ мм}^3/\text{цикл}$, для двигателей ЯМЗ-236; 238 — $105 \dots 107 \text{ мм}^3/\text{цикл}$.

В случае необходимости подачу топлива отдельной секцией у двигателей КамАЗ-740 следует регулировать поворотом корпуса секции относительно корпуса ТНВД, а у двигателей ЯМЗ-236; 238 — изменением положения поворотной втулки секции относительно ее зубчатого венца;

для двигателей КамАЗ-740 проверить и отрегулировать корпусом корректора на режиме $(900 \pm 10) \text{ мин}^{-1}$ величину средней цикловой подачи, которая для двигателей КамАЗ-740 должна быть $76 \dots 80,5 \text{ мм}^3/\text{цикл}$;

проверить величину пусковой подачи двигателя. Величина пусковой подачи для двигателей КамАЗ-740 должна быть $195 \dots 210 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ при $100^{+10} \text{ мин}^{-1}$ и для двигателей ЯМЗ-236; 238 — $220 \dots 240 \text{ мм}^3/\text{цикл}$ при $80^{+10} \text{ мин}^{-1}$ кулачкового вала;

проверить выключение подачи соответствующим рычагом.

Проверка и регулирование ТНВД ЗИЛ-645. Перед проверкой начала и величины подачи топлива секциями ТНВД необходимо проверить давление топлива в магистрали низкого давления на входе в ТНВД, которое должно находиться в пределах 0,07... 0,1 МПа при частоте вращения кулачкового вала насоса $1410^{+20} \text{ мин}^{-1}$.

Герметичность нагнетательных клапанов нужно проверять при работающем ТНВД и включенной подаче топлива. Нагнетательный клапан в течение 30 с не должен пропускать топливо под давлением 0,15... 0,2 МПа. В случае течи нагнетательный клапан следует заменить.

Регулировать ТНВД рекомендуется с эталонным комплектом форсунок. Начало подачи топлива секциями ТНВД определяется углом поворота кулачкового вала ТНВД при вращении его по часовой стрелке (если смотреть со стороны привода). В момент начала подачи топлива первая секу-

шая метка на муфте опережения впрыска и метка на корпусе ТНВД должны совпадать. Начало подачи топлива определяется с помощью моментоскопа, установленного на штуцере первой секции ТНВД. Момент начала движения топлива в моментоскопе фиксируется на лимбе стенда.

Если угол, при котором начинается подача топлива первой секцией, условно принять за 0°, то остальные секции должны начинать подачу топлива в порядке, указанном в табл. 5.1 (в градусах поворота кулачкового вала).

Неточность интервала между началом подачи топлива любой секцией ТНВД относительно первой должны быть не более $\pm 30'$.

Регулирование начала подачи топлива производится регулировочными прокладками толкателя. Величина подачи топлива каждой секцией при 1400 мин⁻¹ должна быть 64,0...66,5 мм³/цикл. ТНВД регулируется поворотом плунжера через зубчатый сектор, связанный с рейкой ТНВД. При перемещении рейки в сторону муфты происходит увеличение подачи, а при перемещении в сторону регулятора — уменьшение подачи топлива. После регулирования следует надежно затянуть стяжные винты.

Неравномерность подачи подсчитывается в процентах для всех ТНВД по формуле

$$G_{\text{нер}} = \frac{2(V_{\text{max}} - V_{\text{min}})}{V_{\text{max}} + V_{\text{min}}} \cdot 100,$$

где $G_{\text{нер}}$ — неравномерность подачи, %; V_{max} — цикловая подача секции с наибольшей производительностью; V_{min} — цикловая подача секции с наименьшей производительностью.

По окончании регулирования ТНВД производится пломбирование регулировочных болтов.

5.4. Автоматическую муфту опережения впрыска следует проверять на стенде для испытания ТНВД, оборудованном стробоскопическим устройством, при номинальной подаче и с рабочим комплектом форсунок по углу разворота муфт. Углы разворота должны соответствовать приведенным ниже данным.

Модель двигателя	Частота вращения кулачкового вала насоса, мин ⁻¹	Угол разворота ведомой полумуфты относительно ведущей, градус
КамАЗ-740; 7403; 7408	1 300 ± 10	4,5 ± 0,5
	900 ± 10	3 ± 0,5
	600 ± 10	1 ± 0,5
ЯМЗ-236М	1 050 ± 10	6 ± 1
	850 ± 10	4 ^{+0,5} ₋₁
	650 ± 10	2,5 ^{+0,5} ₋₁
ЯМЗ-238М; 238ПФ; 238ФМ; 642	1 050 ± 10	6 ₋₁
	850 ± 10	4 ^{+0,5} ₋₁
	650 ± 10	2 ^{+0,5} ₋₁
ЗИЛ-645*	700	1° 15' ± 30'
	1 400	6 ⁺¹

* В диапазоне 500...1200 мин⁻¹ необходимо контролировать плавность хода муфты.

Регулирование углов разворота полумуфт производится регулировочными прокладками, устанавливаемыми под стакан пружины. Увеличение суммарной толщины прокладок вызывает уменьшение угла разворота полумуфт.

После регулирования муфта должна быть зачеканена в двух местах. 5.5. Насос низкого давления следует проверять в сборе с ТНВД, на котором он установлен. Для двигателей КамАЗ-740 подача насоса низкого давления должна быть не менее 2,5 л/мин при (1290 ± 10) мин⁻¹ кулачкового вала насоса высокого давления, противодавлении 0,5...1 кгс/см² и разрежении у входного штуцера 170⁻⁵ мм рт. ст., а у двигателей ЯМЗ-236; 238 — не менее 2,2 л/мин при 1050 мин⁻¹, противодавлении 0,5...1,1 кгс/см² и разрежении 180⁺⁵ мм рт. ст.

6. Установка ТНВД, проверка и регулирование угла опережения впрыска топлива на двигателях КамАЗ-740

6.1. Установка угла опережения впрыска производится с помощью фиксатора, расположенного с правой стороны картера маховика, и по меткам, находящимся на корпусе ТНВД, муфте опережения впрыска и метке на фланце ведущей полумуфты (рис. П.1). Фиксатор имеет два положения: глибо-

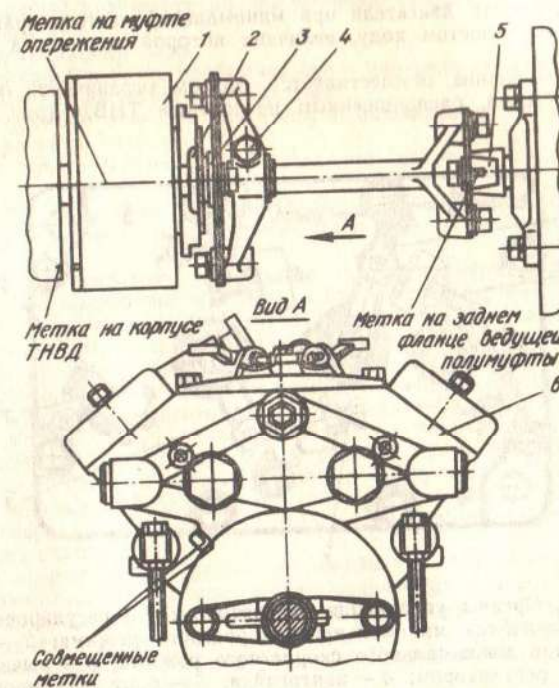


Рис. П.1. Установка ТНВД на двигатель КамАЗ-740 по меткам: 1 — автоматическая муфта опережения впрыска; 2 — ведомая полумуфта; 3 — фланец ведомой полумуфты; 4 — метка на корпусе ТНВД; 5 — задний фланец ведущей полумуфты; 6 — ТНВД

кий паз, используемый при установке угла опережения впрыска, и мелкий, используемый при работе двигателя.

6.2. Для установки угла опережения впрыска топлива при установке ТНВД необходимо:

установить поршень первого цилиндра двигателя на такт сжатия. Положение метки на заднем фланце 5 ведущей полумуфты вверху соответствует установке первого цилиндра на такт сжатия;

установить ТНВД на специальные площадки так, чтобы метки на корпусе ТНВД и муфте опережения впрыска совместились, закрепить ТНВД, затянуть болты крепления ТНВД в определенной последовательности, обеспечивая их равномерную затяжку, и затянуть верхний болт 4 полумуфты привода;

перевести фиксатор в мелкий паз и, повернув коленчатый вал на один оборот, затянуть второй болт полумуфты привода;

присоединить масляные трубопроводы, топливопроводы низкого и высокого давления и прокачать топливную систему с помощью ручного топливоподкачивающего насоса;

провернуть коленчатый вал двигателя на 1/2 оборота против хода вращения и перевести рукоятку фиксатора в глубокий паз. Медленно повернуть коленчатый вал по ходу вращения до тех пор, пока фиксатор под действием дружины не войдет в отверстие на маховике. При этом метки на корпусе ТНВД и автоматической муфте должны совместиться, что соответствует правильной установке угла опережения впрыска топлива;

фиксатор перевести в мелкий паз;

проверить работу двигателя при минимальной частоте вращения коленчатого вала на холостом ходу, величина которой не должна превышать 600 мин⁻¹.

6.3. Регулирование осуществляется болтом ограничения минимального скоростного режима, расположенным на крышке ТНВД (рис. П.2).

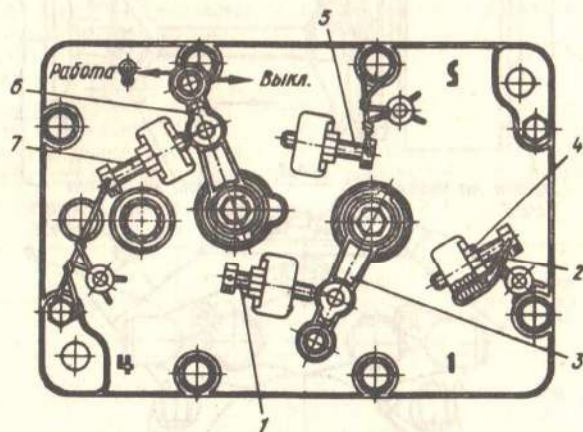


Рис. П.2. Органы управления регулятором: 1 — регулировочный болт ограничения минимального скоростного режима; 2 — болт ограничения максимального скоростного режима; 3 — рычаг управления регулятором; 4 — контргайка; 5 — болт регулирования хода рычага выключения подачи; 6 — рычаг выключения подачи; 7 — болт регулирования пусковой подачи

Если метки не совместились, необходимо произвести регулирование в следующей последовательности:

ослабить верхний болт ведомой полумуфты привода, повернуть коленчатый вал по ходу вращения и ослабить второй болт;

развернуть муфту опережения впрыска за фланец ведомой полумуфты привода в направлении, обратном ее вращению, до упора болтов в стенки

пазов (рабочее вращение муфты правое, если смотреть со стороны привода); опустить фиксатор в глубокий паз и медленно повернуть коленчатый вал двигателя по ходу вращения до совмещения фиксатора с отверстием на маховике;

медленно повернуть муфту опережения впрыска за фланец ведомой полумуфты привода только в направлении вращения привода ТНВД до совмещения меток на корпусе насоса и муфте опережения;

в положении, соответствующем совпадению меток, закрепить верхний стягивающий болт полумуфты привода, установить фиксатор в мелкий паз, повернуть коленчатый вал и закрепить второй болт;

проверить правильность установки угла опережения впрыска, как указывалось выше.

7. Установка и проверка угла опережения впрыска

7.1. Для установки угла опережения впрыска топлива на двигателях ЯМЗ-236; 238 необходимо:

проверить совмещение меток на автоматической муфте опережения впрыска и ведущей полумуфте валика привода ТНВД. Метки должны быть с одной стороны;

закрепить топливный насос;

отвернуть гайку и снять трубку высокого давления первой секции и установить моментоскоп на штуцер этой секции;

установить скобу останова двигателя в положение включенной подачи и прокачать топливную систему;

ослабить гайки топливопровода высокого давления у всех остальных форсунок;

повернуть коленчатый вал двигателя по часовой стрелке (если смотреть со стороны вентилятора) до появления топлива в стеклянной трубке моментоскопа;

повернуть коленчатый вал против хода примерно на 1/8 оборота. Затем, медленно проворачивая его по часовой стрелке, внимательно следить за уровнем топлива в стеклянной трубке. В момент начала движения топлива в трубке прекратить вращение вала и проверить взаимное расположение меток: риска на шкиве коленчатого вала должна находиться против риски с цифрой «20» на крышке шестерен распределения, или риска с цифрой «20» на маховике должна совпадать с указателем картера маховика.

Если в момент начала движения топлива в трубке риски еще не совместились, необходимо, расшплинтовав и ослабив болты крепления муфты валика привода топливного насоса, повернуть муфту валика привода на фланце против направления ее вращения, после чего затянуть болты крепления и вновь проверить установку угла опережения. Несовпадение рисков должно быть не более одного деления.

Если в момент начала движения топлива в моментоскопе риска уже прошла совмещенное положение, муфту валика привода необходимо развернуть по направлению ее вращения. После окончания регулировки подтянуть гайки топливопроводов высокого давления.

7.2. Для проверки установки угла опережения впрыска топлива на двигателе ЗИЛ-645 необходимо:

проверить совмещение меток на муфте опережения впрыска топлива, ведущей и ведомой полумуфтах привода ТНВД;

снять трубку высокого давления первой секции топливного насоса;

на штуцер первой секции насоса установить моментоскоп;

рычаги управления регулятором перевести в среднее положение;

прокачать топливную систему питания двигателя при помощи ручного топливоподкачивающего насоса, прокачать систему низкого давления топлива;

ослабив два болта ведущей полумуфты привода, развернуть муфту опережения в направлении, обратном ее вращению, до упора болтов в стенки пазов;

провернуть коленчатый вал двигателя по часовой стрелке (если смотреть со стороны вентилятора) до совпадения стержня фиксатора с выточкой в маховике, проверить при этом положение клапанов механизма газораспределения (клапаны должны быть закрыты);

медленно повернуть муфту опережения впрыска топлива за ведущую полумуфту привода в направлении вращения вала ТНВД, следить за уровнем топлива в моментоскопе. В положении, соответствующем началу движения топлива в моментоскопе, закрепить стягивающие болты муфты;

проверить точность установки угла опережения подачи, для чего необходимо:

вывести фиксатор из выточки на маховике, не фиксируя его в верхнем положении;

провернуть коленчатый вал на 1,5 оборота;

медленно проворачивая коленчатый вал, внимательно следить за уровнем топлива в стеклянной трубке моментоскопа, в момент начала движения топлива в трубке стержень фиксатора должен войти в выточку на маховике.

После проверки и установки угла опережения впрыска топлива установить ручки фиксатора в верхнее положение.

8. Регулирование клапанного механизма

8.1. Тепловые зазоры механизма следует регулировать на холодном двигателе. Величина теплового зазора у двигателя КамАЗ-740 для впускного клапана составляет 0,15...0,20 мм, для выпускного — 0,25...0,30 мм. У двигателей ЯМЗ-236; 238 величина теплового зазора впускных и выпускных клапанов устанавливается одинаковой и регулируется в пределах 0,25...0,30 мм.

8.2. Перед регулированием зазора необходимо выключить подачу топлива, снять крышки головок цилиндров и проверить затяжку болтов или гаек крепления стоек коромысел. Момент затяжки для двигателей КамАЗ-740 должен быть в пределах 4...5 кгс·м, а для двигателей ЯМЗ-236; 238 — 12...15 кгс·м.

8.3. Зазоры в клапанном механизме двигателей КамАЗ-740 регулируются одновременно в двух цилиндрах. Для этого необходимо установить коленчатый вал последовательно в положении I, II, III, IV.

Для определения положения I необходимо повернуть фиксатор на картере маховика на 90° и повернуть коленчатый вал до зацепления фиксатора с маховиком. При этом риски на торце муфты опережения впрыска топлива и на фланце полумуфты привода ТНВД должны находиться в верхнем положении. Затем повернуть коленчатый вал по ходу вращения на угол 60°.

8.4. Последовательность регулирования зазоров по цилиндрам в каждом из положений определяется порядком работы двигателя КамАЗ-740:

I	II	III	IV
1—5	4—2	6—3	7—8

Остальные положения определяются поворотом коленчатого вала двигателя на 180° относительно предыдущего положения. Для удобства отсчета на маховике имеется 12 отверстий, расположенных через 30° по окружности.

8.5. Для регулирования зазора необходимо ослабить гайку регулировочного винта, вставить в зазор шуп нужной толщины и, вращая винт отверткой, установить требуемый зазор.

Производя регулирование зазоров в клапанном механизме двигателей ЯМЗ-236; 238, необходимо, проворачивая коленчатый вал по часовой стрелке, внимательно наблюдать за движением впускного клапана первого цилиндра. После того, как клапан полностью закроется, повернуть коленчатый вал еще на 1/4...1/3 оборота. В этом положении следует регулировать клапаны первого цилиндра, как указано выше.

В следующем цилиндре клапанные зазоры регулируются после проворота коленчатого вала до момента полного закрытия впускного клапана и дополнительно на 1/4...1/3 оборота.

8.6. Регулирование клапанного механизма следует производить в соответствии с порядком работы цилиндров 1—4—2—5—3—6 (для двигателей ЯМЗ-236) и 1—5—4—2—6—3—7—8 (для двигателей ЯМЗ-238).

8.7. Регулирование зазоров между коромыслами и клапанами двигателя ЗИЛ-645 производить в следующем порядке:

снять крышки головок цилиндров;

снять крышку люка в нижней части картера маховика;

установить фиксатор маховика, расположенный на его картере, в нижнее положение;

проворачивая коленчатый вал по ходу вращения, установить его в такое положение, при котором поршень первого цилиндра будет находиться в ВМТ такта сжатия (риски на муфте и на ТНВД должны совпадать).

Проворачивая коленчатый вал нужно монтажной лопаткой, вставляя ее во впадины между зубьями венца маховика, до совпадения фиксатора с прорезью в маховике, в этом положении проверить и отрегулировать величину зазоров у следующих клапанов:

1 цилиндр — впускного и выпускного;

2 цилиндр — выпускного;

3 цилиндр — впускного;

4 цилиндр — выпускного;

5 цилиндр — выпускного;

6 цилиндр — впускного;

7 цилиндр — впускного;

8 цилиндр — впускного;

проверить шупом величину зазоров между носками коромысел и торцами клапанов.

При необходимости регулирования следует ослабить гайку регулировочного винта, вставить в зазор шуп нужной толщины и, вращая винт отверткой, установить требуемую величину зазора. Поддерживая винт отверткой, затянуть гайку и проверить величину зазора.

Шуп толщиной 0,4 мм должен входить свободно, а толщиной 0,45 мм — с усилием.

Момент затяжки гайки регулировочного винта должен быть равен 40...50 Н·м (4...5 кгс·м). Дальнейшее регулирование величины зазоров в клапанном механизме производить после проворачивания коленчатого вала на 360°. По окончании работы пустить двигатель (при правильно установленной величине зазоров в клапанном механизме не должно быть стуков), после чего установить крышку люка картера маховика и крышки головок цилиндров.

9. Регулирование минимальной частоты вращения коленчатого вала двигателя

9.1. Регулирование двигателя производится на холостом ходу каждый раз после снятия с двигателя и установки на него вновь ТНВД. Перед регулированием необходимо запустить и прогреть двигатель до температуры охлаждающей жидкости 75...80°С.

9.2. На двигателе КамАЗ-740 регулирование минимальной частоты вращения вала на холостом ходу осуществляется регулировочным болтом, расположенным на крышке ТНВД. Минимальная частота вращения вала не должна превышать 600 мин⁻¹.

9.3. Регулирование минимальной частоты вращения на двигателях ЯМЗ осуществляется корпусом буферной пружины и болтом регулирования минимального скоростного режима в указанном ниже порядке.

Вывернуть болт, установить возможно более низкую частоту вращения коленчатого вала, при которой начинают появляться заметные на слух перебои в работе двигателя. Затем, ввертывая корпус буферной пружины, несколько увеличить частоту вращения до получения устойчивой работы двигателя при $n = 450 \dots 500 \text{ мин}^{-1}$.

10. Обслуживание воздушных фильтров

10.1. Обслуживание бумажного фильтра двигателя КамАЗ следует производить по показанию индикатора засоренности или при достижении разрежения во впускном трубопроводе 6,5...7 кПа при частоте вращения коленчатого вала 2600 мин⁻¹.

10.2. При работе в условиях небольшой запыленности воздуха очистку и заправку маслом воздушных фильтров двигателей ЯМЗ следует производить после пробега 3000...4000 км.

10.3. Для обслуживания бумажного фильтра необходимо вынуть его из корпуса, осмотреть фильтрующий элемент. Если на поверхности элемента имеется только пыль без копоти и сажи, то его обдуть сжатым воздухом под давлением не более 0,3 МПа (3 кгс/см²). Струю воздуха следует направлять под острым углом к поверхности и регулировать силу струи изменением расстояния наконечника шланга от элемента.

Если на поверхности элемента имеются следы копоти, масла и топлива, то промыть его в растворе моющего вещества ОП-7 или ОП-10 в теплой (40...50°С) воде. Раствор готовится из расчета 20...25 г вещества на 1 л воды. Промывание осуществляется погружением элемента на 30 мин в указанный раствор с последующим интенсивным вращением или окунанием в течение 10...15 мин. После этого элемент следует промыть в чистой теплой воде и высушить при температуре до 70°С.

После каждого обслуживания или при установке нового элемента необходимо проверить его состояние с помощью лампы. При наличии механических повреждений, разрывов картона, отслаивании крышек и кожухов элемент необходимо заменить.

10.4. Обслуживание воздушных фильтров двигателей ЯМЗ сводится к промыванию фильтрующего элемента и крышки дизельным топливом или керосином и заливке в корпус чистого дизельного масла.

Перечень марок автомобильных дизелей, эксплуатирующихся в автотранспортных предприятиях

Марка двигателя	Семейство автомобилей	Марка двигателя	Семейство автомобилей
ЯМЗ-236	МАЗ	F10L413	«Магирус»
ЯМЗ-238	МАЗ, КрАЗ, МоАЗ	T928	«Татра»
	БелАЗ	2-928-1	«Татра»
ЯМЗ-240	БелАЗ	111-706RT	«Шкода»
6ЧН 21/21	БелАЗ	OM4031	«Мерседес— Бенц»
КамАЗ-740	КамАЗ	TD120A	«Вольво»
Д-12А-525А	МАЗ-7310	Д-712	«Авиа»
RAVA MAN,	«Икарус»	Д-12,5/10	«Рабур»
D1256HM6U		ЗИЛ-645	ЗИЛ-4331
4VP 14,5/12-ISRW	«Ифа»	ЯМЗ-642	КАЗ-4540
F8L413	«Магирус»	ЯМЗ-642-01	КАЗ-4540

11. Основные параметры, регулировочные показатели топливной аппаратуры отечественных автомобильных дизелей

В табл. 11.1 приведены основные параметры ТНВД автомобильных дизелей КамАЗ, ЯМЗ, ЗИЛ. В табл. 11.2, 11.3, 11.4 приведены регулировочные параметры ТНВД, устанавливаемых на различных дизелях.

Прежде чем приступить к регулированию величины и равномерности подачи топлива секциями ТНВД необходимо выполнить следующее:
 проверить герметичность системы низкого давления опрессовочной топливом под давлением 0,4 МПа (4 кгс/см²) в течение 10...15 с;

проверить герметичность нагнетательных клапанов;
 проверить и при необходимости отрегулировать давление открытия нагнетательных клапанов;
 проверить с помощью стробоскопа работу муфты опережения впрыска топлива;

проверить и при необходимости установить точно угол геометрического начала нагнетания топлива, проверить равномерность начала подачи топлива секциями по углу поворота вала насоса.

У ТНВД дизелей КамАЗ при изменении толщины пята толкателя привода плунжера секции на 0,05 мм угол меняется на 12', у ТНВД дизелей ЯМЗ угол начала подачи топлива каждой секцией регулируется винтом толкателя плунжера.

Допуск на разницу регулировки угла между секциями не более ±30'.

Проверить у ТНВД дизелей КамАЗ расстояние от головки винта номинальной подачи топлива до привалочной плоскости, которое должно быть равно (55,5±0,2) мм для моделей 33-10 и 33-02; (55±0,2) мм для модели 334, после чего проверить толщину пакета регулировочных прокладок под державкой грузов регулятора, которая выполняется косвенным путем: при прижатии к головке винта номинальной подачи рычага регулятора и сведенных до упора грузах регулятора зазор между пятой и муфтой регулятора должен быть равным 4-0,025 мм для моделей 33-02 и 334; 3,85-0,025 мм для модели 33-10.

Проверить запас хода реек на выключение подачи топлива при разведенных до упора грузах регулятора по оставшемуся зазору между рычагом рейки и рычагом муфты в обратном корректоре (зазор должен быть при этом не менее 0,6 мм, что соответствует запасу хода реек не менее 0,5 мм).

При регулировании величины и равномерности подачи топлива секциями ТНВД давление топлива на входе в головку насоса должно поддерживаться в пределах 0,8...1,1 кгс/см², а температура топлива должна быть 25...30°С.

Проверить пусковую подачу топлива при частоте вращения вала насоса 100 мин⁻¹ и положении рычага управления регулятором на упоре в болт ограничения максимального скоростного режима. Если максимальная средняя цикловая подача будет меньше 175 мм³/цикл, то это свидетельствует об ограниченной подвижности (заедании) реек ТНВД, грузов регулятора или повышенном износе плунжерных пар; в последнем случае необходима их замена.

Проверку и регулирование ТНВД следует производить при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения максимального скоростного режима.

Цикловые подачи и равномерность подачи топлива по секциям ТНВД регулируются для 6- и 8-цилиндровых дизелей ЯМЗ в соответствии с данными, указанными в табл. 11.2.

а. Увеличение топливоподачи при понижении частоты вращения кулачкового вала от (1030±10) мин⁻¹ до (770±20) мин⁻¹ должно быть 3...6 мм³/цикл для ТНВД: 60; 80; 80-1; 80-2; 238; 802; 238 К; 806; 806-1.

При понижении частоты вращения от (770±20) мин⁻¹ до (500±10) мин⁻¹ для ТНВД: 60; 80; 80-1; 806; 806-01 (с обратным корректором) увеличение фактической средней цикловой подачи не допускается. Систематическое уменьшение средней цикловой подачи должно быть до (90±6) мм³/цикл для насосов 60; 80; 80-1 и до (100±6) мм³/цикл для насосов 806; 806-1.

Для ТНВД: 80-2; 238; 802; 238 К (без обратного корректора) при понижении частоты вращения от (770±10) мин⁻¹ до (500±10) мин⁻¹ допускается постепенное увеличение фактической средней цикловой подачи, но не более, чем на 3 мм³/цикл.

б. Для ТНВД: 804; 807; 807-1 и 238 Н увеличение топливоподачи при понижении частоты вращения кулачкового вала от (1030±10) мин⁻¹ до (800±20) мин⁻¹ должно составлять 3...6 мм³/цикл.

Основные параметры топливных насосов высокого

Параметры	Модель			
	33-02	33-10	334	332-10
Применяемость на двигателе	КамАЗ-740.10	КамАЗ-740.10	КамАЗ-7403.10	КамАЗ-7408
Диаметр плунжера, мм	9	9	9	10
Ход плунжера, мм	10	10	10	11
Порядок работы секций	8-4-5-7-3-6-2-1			
Чередование геометрического начала нагнетания топлива по углу поворота кулачкового вала (градус)	0-45-90-135-180-225-270-315			
Угол начала нагнетания секций от геометрического начала нагнетания до оси симметрии профиля кулачка	40°30' ± ±30'	41°30' ± ±30'	42°30' ± ±30'	4,8... ...4,9 мм*
Отклонение начала подачи топлива плунжерами насоса по углу поворота кулачкового вала	±30' относительно восьмой секции			
Давление, соответствующее началу открытия нагнетательного клапана, МПа (кгс/см ²)	0,88...1,18 (9...12)		0,735... ...0,882 (7,5...9)	
Частота вращения кулачкового вала, мин ⁻¹ :				
номинальная	1 300		1 100	
минимальная	—		300	
при максимальном вращающем (крутящем) моменте	900		750	
Частота вращения, соответствующая началу выключения подачи топлива регулятором частоты вращения, мин ⁻¹	1 335...1 355		1 140... ...1 160	
Частота вращения кулачкового вала, соответствующая полному выключению регулятором подачи топлива, мин ⁻¹	< 1 555		< 1 360	
Направление вращения вала ТНВД	Правое		Правое	
Давление топлива на входе в головку насоса при номинальных производительности и частоте вращения кулачкового вала ТНВД, МПа (кгс/см ²)	0,05...0,1 (0,5...1)		0,05...0,11 (0,5...1,1)	
Пусковая подача топлива при n=(80±10) мин ⁻¹ кулачкового вала, мм ³ /цикл	195...210		195...220	
Топливоподкачивающий насос:				
номинальная подача, л/мин	2,5		2,5	
разрежение при полностью перекрытом топливopровode при номинальной частоте вращения кулачкового вала, мм рт. ст.	390		390	
давление при перекрытом нагнетательном топливopровode, кгс/см ² , не менее	4		4	

* Подъем плунжера восьмой секции из нижнего крайнего положения до геометрического начала нагнетания.

** При противодавлении 1,3...1,5 кгс/см².

давления (ТНВД) автомобильных дизелей КамАЗ, ЯМЗ, ЗИЛ

Таблица 11.1

ТНВД									РV8A8P91 7/ /1496
32	32-01	60	80	806	807	90	901		
ЯМЗ-642	ЯМЗ-642-01	ЯМЗ-236;-236М	ЯМЗ-328;-238ФМ	ЯМЗ-238ПМ2	ЯМЗ-238ФМ	ЯМЗ-240;-240М	ЯМЗ-240Н;-240НМ	ЗИЛ-645	
9	9	9	9	9	9	9	9	8	
10	10	10	10	10	10	10	10	8	
6-3-5-2-4-1	1-4-2	1-4-2	1-3-6-2-4-5-7-8			1-4-9-8-5-2-	1-4-9-8-5-2-	1-2-8-	
		-5-3-6				-11-10-3-6-7-12		-4-3-	
								-6-5-7	
0-60-120-180-240-300-360	0-45-120-165-240-285	0-45-120-165-240-285	0-45-90-135-180-225-270-315	0-45-90-135-180-225-270-315	0-45-90-135-180-225-270-315	0-22°30'-60°-82°30'-120°-142°30'-180°-202°30'-240°-262°30'-300°-322°30'	0-22°30'-60°-82°30'-120°-142°30'-180°-202°30'-240°-262°30'-300°-322°30'	0-45-90-135-180-225-270-315	
42°30' ±30'	Подъем толкателя, соответствующий геометрическому началу нагнетания топлива первой секцией насоса								
	(4,5±0,1) мм		(4,2±0,1) мм		(4,5±0,1) мм		(4,2±0,1) мм		(5,5±0,05) мм
±30' относительно начала нагнетания топлива шестой секцией	±30' относительно геометрического начала подачи топлива первой секцией								
0,88...1,08 (9...11)	0,83...1,13 (8,5...11,5)		1,08...1,27 (11...13)						0,7... 1 (7...10)
1 300	1 250	1 030	1 030	1 030	1 030	1 030	1 030	1 400	
—	—	320...400	320...400	320...400	320...400	320...400	320...400	250	
900	900	725...800	725...800	700...775	700...775	800	800	700...800	
1 335...1 355	1 285...1 305	1 065...1 085	1 065...1 085	1 065...1 085	1 065...1 085	1 065...1 085	1 065...1 085	1 410... ...1 430	
1 480...1 555	1 430...1 505	1 120...1 185	1 120...1 185	1 120...1 185	1 120...1 185	1 120...1 150	1 120...1 150	1 525... ...1 575	
Правое	Правое	Правое		Правое		Левое		Правое	
0,05...0,1 (0,5...1)	0,05...0,1 (0,5...1)	0,049...0,098 (0,5...1)		0,049...0,098 (0,5...1)		0,067...0,137 (0,7...1,4)		—	
Не менее 1 95	Не менее 220	Не менее 220		Не менее 220		240...270		130...170 (при 100 мин ⁻¹)	
2,5	2,5	2	2	2	2	4	4	—	
390	390	170**	170**	170**	170**	170**	170**	—	
4	4	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	3,5	—	

Таблица 11.2

Регулировочные параметры 6- и 8-секционных моделей ТНВД
и их модификаций для дизелей ЯМЗ

Модель	Частота вращения кулачкового вала ТНВД, мин ⁻¹	Средняя цикловая подача секциями, мм ³ /цикл	Неравномерность подачи топлива секциями, %, не более	
			4	10
60; 80; 80-1	1 030±10	103...107	4	10
	770±20	См. п. а	10	10
80-2; 238	1 030±10	103...107	4	10
	770±10	106...113	10	10
	500±10	106...116	—	—
802; 238К	1 030±10	92...96	4	10
	770±10	95...102	10	10
	500±10	95...105	—	—
804; 238Н	1 030±10	132...136	5	10
	800±10	134...140	10	10
	500±10	134...143	—	—
806; 806-1	1 030±10	121...125	4	10
	770±20	См. п. а	10	10
807; 807-1	1 030±10	137...141	4	—
	800±20	См. п. б	—	—

Таблица 11.3

Регулировочные параметры ТНВД, устанавливаемых на двигатели КамАЗ

Мо-дель	Частота вращения кулачкового вала насоса, мин ⁻¹	Цикловая подача секциями, мм ³ /цикл		Приращение средней цикловой подачи по отношению к средней цикловой подаче на номинальном режиме, мм ³ /цикл		Неравномерность подачи топлива по секциям ТНВД, %, не более	
		при регулировании	при проверке	при регулировании	при проверке	при регулировании	при проверке
33-02	1 300±10	73...74,5	72...75,5	—	—	—	5
	900±10	75,5...78,5	74,5...79,5	2,5...3,5	1,5...4,5	6	8
	800±10	73...76	71,5...77,5	—	—	7	10
33-10	600±10	60,5...67,5	58,5...69,5	—	—	10	14
	1 300±10	76...77,5	75...78,5	—	—	—	5
	900±10	77,5...80,5	76,5...81,5	1,5...2,5	0,5...3,5	6	8
334	800±10	74...77	72,5...78,5	—	—	7	10
	600±10	62,5...69,5	60,5...77,5	—	—	10	14
	1 300±10	95,5...97	94,5...98	—	—	—	5
332	900±10	97...100	96...101	2...3	1...4	6	8
	800±10	90...94	88,5...95,5	—	—	10	12
	600±10	63...69	61...71	—	—	14	16
332-10	1 100±10	87,5...89	80,5...84	—	—	—	5
	800±10	91...94	90...95	9...11	8...12	6	8
	700±10	78...82	76,5...83,5	—	—	8	10
334	500±10	65...70	63...72	—	—	12	14
	1 100±10	76,5...78	77...80,5	—	—	—	5
	750±10	80,5...84	81,5...87	4...6	3,5...6,5	6	8
334	700±10	79,5...82,5	78...84	—	—	8	10
	500±10	58,5...62,5	57...64	—	—	12	14
	1 300±10	95,5...97	94,5...98	—	—	—	5
334	900±10	97...100	96...101	2...3	1...4	6	8
	800±10	90...94	88,5...95,5	—	—	10	12
	600±10	63...69	61...71	—	—	14	16

Таблица 11.4

Регулировочные параметры ТНВД, устанавливаемых на двигатели ЯМЗ-642, ЯМЗ-642-01

Модель	Частота вращения кулачкового вала насоса, мин ⁻¹	Цикловая подача секциями, мм ³ /цикл		Приращение средней цикловой подачи по отношению к средней цикловой подаче на номинальном режиме, мм ³ /цикл		Неравномерность подачи топлива секциями насоса, %, не более	
		при регулировании	при проверке	при регулировании	при проверке	при регулировании	при проверке
32	1 300±10	80...81,5	79,5...82	—	—	—	5
	900±10	81...83,5	80,5...84	1...2,5	0,5...3	6	8
	800±10	80,5...83	80...83,5	—	—	8	10
	600±10	62...68	61,5...68,5	—	—	10	12
32-01	1 250±10	80...81,5	79,5...82	—	—	—	5
	900±10	87...89,5	80,5...84	1...2,5	0,5...3	6	8
	800±10	80,5...83	80...83,5	—	—	8	10
	600±10	62...68	67,5...68,5	—	—	10	12

При понижении частоты вращения от (800±20) мин⁻¹ до (500±10) мин⁻¹ для ТНВД: 807 и 807-1 (с обратным корректором) увеличение фактической средней цикловой подачи не допускается, а ее систематическое уменьшение не должно быть более (100±6) мм³/цикл.

в. Для ТНВД: 804 и 238 Н (без обратного корректора) при понижении частоты вращения от (800±10) мин⁻¹ до (500±10) мин⁻¹ допускается постепенное увеличение фактической средней цикловой подачи, но не более, чем на 3 мм³/цикл.

г. Величина средней цикловой подачи секциями ТНВД: 806; 806-1; 807; 807-1 (при 800±20) мин⁻¹ и упоре рычага управления регулятором частоты вращения в болт максимального скоростного режима при изменении давления воздуха в полости диафрагмы корректора в пределах 0,039...0,069 МПа (0,4...0,7 кгс/см²) должна оставаться постоянной, при давлении 0,017...0,022 МПа (0,17...0,22 кгс/см²) средняя цикловая подача секциями должна находиться в пределах 110...112 мм³/цикл, а при отсутствии давления она должна составлять 105...108 мм³/цикл.

Измерение цикловых подач ТНВД 806 и 807 с корректором по наддуву производится при отключенном подводе воздуха и масла к узлу корректора.

В табл. 11.5; 11.6; 11.7; 11.8; 11.9; 11.10; 11.11; 11.12; 11.13 приведены справочные данные, касающиеся регулирования топливной аппаратуры, устанавливаемой на различных двигателях.

Таблица 11.5

Регулировочные данные по углу разворота полумуфт

Модель	Частота вращения кулачкового вала, мин ⁻¹	Угол разворота ведомой полумуфты относительно ведущей, °
ТНВД двигателя, КамАЗ-740	1 300	4,5±0,5
	900	3±0,5
	600	1±0,5
ТНВД двигателя ЯМЗ-236	1 050	6 ₋₁
	850	4±0,5
	650	2,5 ^{+0,5}
	1 050	6 ₋₁
ТНВД двигателя ЯМЗ-238	850	4±0,5
	650	2 ^{+0,5} ₋₁
	1 050	6 ₋₁
ТНВД двигателя ЯМЗ-238Н	1 050	7±0,5
	1 050	7±0,5
ТНВД двигателей ЯМЗ-240; ЯМЗ-240Н	650	3±1
	1 100	4±0,5
ТНВД двигателя КамАЗ-7408	900	3±0,5
	900	3±0,5
	600	1±0,5

Примечание. Допуска на регулировочные данные частот вращения кулачкового вала во всех случаях ±10 мин⁻¹.

Таблица 11.6

Величины средней цикловой подачи топлива ТНВД, поставляемых в запасные части

Модель	Частота вращения кулачкового вала, мин ⁻¹	Средняя цикловая подача топлива ТНВД
60; 80; 80-1; 80-2; 238	1 030	99... 103
802; 238К	1 030	89... 93
804; 238Н	1 030	128... 132
806; 806-1	1 030	117... 121
807; 807-1	1 030	133... 137

Примечания: 1. ТНВД 802 и 238К используются на двигателях ЯМЗ-238К; 804 — на двигателях ЯМЗ-238Н и ЯМЗ-238Н-1; 806 — на двигателе ЯМЗ-238П-2; 807 — на двигателе ЯМЗ-238Ф1. 2. Модификации ТНВД, поставляемые в районы с холодным климатом, в конце обозначения имеют цифру «8» или букву «С», например, 238НС или 238Н8. 3. Допуска на частоты вращения во всех случаях ±10 мин⁻¹ (здесь и далее, если не указан другой допуск).

Таблица 11.7

Регулировочные параметры 12-секционных моделей ТНВД для дизелей ЯМЗ

Модель	Частота вращения кулачкового вала ТНВД, мин ⁻¹	Средняя цикловая подача секциями, мм ³ /цикл	Неравномерность подачи топлива секциями, %, (не более)
90; 90-2	1 030±10 770±20	103... 107	5
		В соответствии с п. 3 примечаний	10
901; 903	1 030±10	152... 156	6
		В соответствии с п. 2 примечаний	10

Примечания: 1. Проверку величин цикловых подач топлива ТНВД 901; 903 производить при давлении воздуха в полости диафрагмы корректора 0,044... 0,069 МПа (0,45... 0,7 кгс/см²). 2. Для ТНВД 901; 903 увеличение топливоподачи при понижении частоты вращения кулачкового вала ТНВД от (1 030±10) до (750±10) мин⁻¹ должно быть в пределах 3... 7 мм³/цикл. 3. Для ТНВД 90 и 90-2 (с обратным корректором) увеличение топливоподачи при понижении частоты вращения кулачкового вала от (1 030±10) до (770±20) мин⁻¹ должно быть в пределах 2... 5 мм³/цикл. При понижении частоты вращения от (770±20) до (500±10) мин⁻¹ увеличение фактической средней цикловой подачи не допускается, а ее постепенное уменьшение должно быть равно (90±6) мм³/цикл.

Таблица 11.8

Величины давления воздуха в полости диафрагмы корректора и средней цикловой подачи топлива ТНВД моделей 901 и 903

Модель	Величина давления воздуха в полости диафрагмы корректора, МПа (кгс/см ²)	Средняя цикловая подача топлива секциями ТНВД при проверке, мм ³ /цикл
901	0,044... 0,069* (0,45... 0,7)	152... 156
	0,028... 0,032 (0,29... 0,33)	135... 145
903	0	95... 105
	0,044... 0,069* (0,45... 0,7)	125... 129
	0,02... 0,024 (0,2... 0,25)	114... 122
	0	95... 105

* При изменении давления в указанных пределах цикловая подача должна быть неизменной.

Пользоваться винтом подрегулирования мощности при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения максимального скоростного режима необходимо при давлении воздуха в полости диафрагмы корректора 0,044... 0,069 МПа (0,45... 0,7 кгс/см²).

Болт подрегулирования мощности после этого должен быть надежно законтрен и опломбирован.

Таблица 11.9

Регулировочные данные ТНВД, предназначенных для поставки в запасные части		
Модель	Частота вращения кулачкового вала, мин ⁻¹	Средняя цикловая подача ТНВД, мм ³ /цикл
90; 90-2	1 030	98...102
901	1 030	143...147
903	1 030	121...125

Таблица 11.10

Частота вращения кулачкового вала ТНВД, соответствующая началу выключения и полному выключению регулятором частоты вращения подачи топлива секциями ТНВД через форсунки

Модель	Положение рычага управления регулятором	Частота вращения кулачкового вала, соответствующая началу выключения подачи, мин ⁻¹	Частота вращения кулачкового вала, соответствующая полному выключению подачи, мин ⁻¹
60; 80; 802; 238К; 804; 806; 807; 238Н; 238	На упоре в болт ограничения максимального скоростного режима	1 065...1 085	На 55...100 больше частоты вращения начала выключения подачи топлива
Все модели	На упоре в болт ограничения минимального скоростного режима	—	320...400

Примечание. При повороте скобы кулисы на 40...45° от исходного положения подача топлива из форсунок всех секций насоса при любой частоте вращения должна полностью прекращаться.

Таблица 11.11

Углы разворота полумуфт муфты опережения впрыска при упоре рычага управления регулятором в болт ограничения максимального скоростного режима и включенной подаче топлива

Модель	Частота вращения кулачкового вала, мин ⁻¹	Относительный угловой разворот полумуфт, °
60; 80; 238; 80-1	1 050	6 ⁺¹
	850	4 ^{+0,5}
80-2; 802; 238К	650	2,5 ^{+0,5}
804	1 050	3,5±0,5

Таблица 11.12

Основные параметры форсунок автомобильных дизелей КамАЗ, ЯМЗ, ЗИЛ

Параметры	Модели форсунок								
	33	33-01	271	272	26	261	262		
Применяемость форсунок на двигателях	КамАЗ-740.10	КамАЗ-740.10	КамАЗ-740.10; КамАЗ-7403.10	КамАЗ-7408.10	ЯМЗ-236; ЯМЗ-238;	ЯМЗ-238Н; ЯМЗ-238ПМ; ЯМЗ-238ФМ; и другие наддувные модификации	ЯМЗ-240	ЯМЗ-240Н и другие наддувные модификации	С57А 1304 ЗИЛ-645
Диаметр распыляющих отверстий, мм	0,3	0,3	0,32	0,33	0,34	0,34	0,36	—	
Ход иглы распылителя, мм	0,25...0,3	0,185...0,205	0,215...0,235	0,25...0,3	0,28...0,35	0,28...0,35	0,28...0,35	0,28...0,35	
Давление начала впрыска, МПа (кгс/см ²); первоначальное	19,12...19,71 (195...201)	21,57...22,16 (220...226)	23,04...23,63 (235...241)	21,57...22,16 (220...226)	(175 ⁺⁵)	(210 ⁺⁵)	—	(210 ⁺⁵)	
при эксплуатации	19,02...19,87 (192...202)	21,48...22,26 (219...227)	22,95...23,73 (234...242)	21,48...22,26 (219...227)	(165 ⁺¹⁵)	(200 ⁺¹⁵)	(165 ⁺¹⁵)	(200 ⁺¹⁵)	
Способ регулирования давления начала подъема иглы	Изменением преднатяга регулировочными прокладками							Изменением преднатяга регулировочным винтом	—
Фильтр форсунок	Сетчатый неразборный, установленный в штурве форсунки							0,725	0,725
Масса, кг	0,46	0,46	0,46	0,46	0,805	0,725	0,725	0,725	—

Регулировочные параметры ТНВД РV8A8P917/1496, устанавливаемого на дизеле ЗИЛ-645

Операция по регулированию	Частота вращения вала, мин ⁻¹	Число циклов	Средняя величина подачи, см ³	Допустимое отклонение, см ³	Сдвиг рейки от положения «стоп», мм	Примечание
Регулирование плунжерной пары на постоянную подачу	500	—	Начало впрыска	—	5	Устанавливается при помощи микрометра
Установка максимальной подачи	1400	200	1,8...13,3	±0,4	7,5	То же упор (полная мощность)
	1400	200	12,8...13,3	±0,4	—	
Установка и контроль пружин в положении «максимум» и «стоп»	700	200	Не менее 13	±0,4	—	Обогатитель зафиксировать винтом на упоре рейки
	500	200	12...13	±0,4	—	
Установка и контроль пружин на холостом ходу	1525... ...1575	—	0	—	—	При снятии с упора рейка не должна сдвигаться к максимальной подаче
Стартовая подача	300	—	—	—	—	Контроль в положении «стоп»
	300...340	—	—	—	—	
	250	—	—	—	—	
Контроль муфты	100	200	Преграждение подачи на холостом ходу	—	—	Стартовое устройство сжато
	500...1200	100	Не менее 7	—	—	
Контроль муфты	700	—	13...17	+2	—	Параметры муфты опережения контролируются при полной подаче топлива
	1400	—	Контроль плавности хода муфты	—	—	
			Угол опережения	±30' ±1°	—	

ИНСТРУКЦИЯ* ПО ПРОВЕРКЕ И РЕГУЛИРОВКЕ БЕНЗИНОВЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ АВТОМОБИЛЕЙ НА МИНИМАЛЬНУЮ ТОКСИЧНОСТЬ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Минавтотранс РСФСР, НИИАТ, Москва, 1988 (выписка)

1. Общие положения

...1.2. Содержание оксида углерода в отработавших газах даже на автомобилях одной модели, при работе их с одинаковыми нагрузками может изменяться в достаточно широких пределах — от 0,2 до 10 и более процентов по объему.

Решающим условием, обеспечивающим минимальное содержание оксида углерода в отработавших газах, является исправное техническое состояние и правильная регулировка карбюратора.

1.3. Углеводороды (C_xH_y) являются исходными продуктами образования фотохимических туманов (смогов) в атмосфере городов, а также представляют канцерогенную опасность для организма человека.

Содержание углеводородов в отработавших газах измеряется в «частях на миллион» (млн⁻¹). Один млн⁻¹ (или чм) соответствует 0,0001 процента выбросов (по объему). В отработавших газах автомобилей с бензиновыми двигателями содержание углеводородов в большей степени зависит от числа цилиндров двигателя автомобилей. Так, для двигателей с числом цилиндров до 4 содержание углеводородов находится в диапазоне от 100 до 1500 и более млн⁻¹, а для многоцилиндровых двигателей — от 500 до 5000 и более млн⁻¹. Концентрация углеводородов, в основном, зависит от технического состояния систем питания и зажигания, в особенности свечей зажигания, прерывателя-распределителя.

1.4. Регулирование системы холостого хода карбюратора на минимальное содержание оксида углерода в отработавших газах обычно приводит к значительному повышению содержания углеводородов и наоборот. Поэтому при регулировании следует добиваться того, чтобы соблюдались обе нормы, указанные в действующем стандарте, тогда суммарное количество токсичных веществ, выбрасываемых автомобилем в атмосферу, будет минимальным. Такая регулировка обеспечит и снижение расхода топлива.

1.5. Для обеспечения снижения загрязнения атмосферного воздуха необходимо систематически контролировать автомобили на содержание токсичных веществ в отработавших газах, это позволит своевременно выявлять технически неисправные автомобили с повышенным содержанием токсичных веществ в ОГ и принимать оперативные меры по устранению неисправностей.

2. Проверка токсичности отработавших газов автомобилей

2.1. Проверка автомобилей на содержание токсичных веществ в отработавших газах должна осуществляться в соответствии с ГОСТ 17.2.2.03—87.

2.2. Содержание токсичных веществ в отработавших газах определяется при работе двигателя на режиме холостого хода при двух частотах вращения коленчатого вала двигателя:

минимальной n_{\min} ;

повышенной $n_{\text{пов}}$, в диапазоне от 2000 мин⁻¹ до 0,8 $n_{\text{ном}}$.

Значения n_{\min} и $n_{\text{пов}}$ известны из инструкций по эксплуатации автомобиля.

2.3. При проверке и регулировании двигателей автомобилей содержание токсичных веществ в отработавших газах не должно превышать значений, указанных в табл. 2.1.

* В случае расхождений с первичными документами нужно использовать последние.
(Прим. ред.)

Таблица 2.1

Требования ГОСТ 17.2.2.03—87

Частота вращения	Предельно-допустимое содержание оксида углерода, объемная доля, %	Предельно допустимое содержание углеводородов, объемная доля, млн ⁻¹	
		для двигателей с числом цилиндров	
		4	более 4
n_{\min}	1,5	1 200	3 000
n_{\max}	2	600	1 000

2.4. В автотранспортных предприятиях и других предприятиях, эксплуатирующих автомобильный транспорт, проверка и регулирование двигателей на токсичность проводятся не реже, чем при ТО2, после ремонта агрегатов, систем и узлов, влияющих на токсичность, а также по заявкам водителей автомобилей.

2.5. На станциях технического обслуживания проверка и регулирование двигателей на токсичность осуществляются при проведении ТО2, после ремонта агрегатов и систем, влияющих на токсичность, а также по заявкам владельцев автомобилей.

2.6. На авторемонтных предприятиях проверка токсичности и регулирование производятся после обкатки отремонтированных автомобилей пробегом, а двигателей — на стенде при отсоединенном тормозном устройстве, после их обкатки.

2.7. Для проверки содержания токсичных веществ в отработавших газах следует применять приборы, удовлетворяющие требованиям действующих стандартов.

2.8. Проверку и регулирование двигателей и автомобилей в соответствии с действующими нормами рекомендуется производить на контрольно-регулирующем пункте (КРП).

2.9. Проверка производится после предварительного прогрева двигателя до температуры охлаждающей жидкости, рекомендованной заводом-изготовителем (но не менее 60° С).

2.10. Перед проверкой необходимо: включить вентиляционные устройства в помещении, где производится работа;

установить автомобиль, поставить рычаг переключения передач (избиратель скорости для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение;

затормозить автомобиль стояночным тормозом;

подложить упоры («башмаки») под колеса ведущих мостов; проверить исправность системы выпуска отработавших газов внешним осмотром. Система не должна иметь дефектов, приводящих к утечкам отработавших газов, подсосу воздуха;

остановить двигатель (если он работал); открыть капот двигателя и подсоединить тахометр;

установить пробоотборный зонд газоанализатора (при наличии двух газоанализаторов на СО и С_xН_y — два зонда) в выпускную трубу автомобиля на глубину не менее 300 мм от ее среза. При использовании газоотвода, надеваемого на выпускную трубу, зонд вводится в отверстие газоотвода;

подготовить газоанализаторы и тахометр для проведения измерений согласно инструкций предприятий-изготовителей приборов;

Таблица 2.2

Значение минимальной и повышенной частоты вращения коленчатого вала на холостом ходу для бензиновых двигателей

Двигатель	Автомобиль	Минимальная устойчивая частота вращения, мин ⁻¹	Частота вращения при номинальной или максимальной мощности, мин ⁻¹	Повышенная частота вращения (ориентировочно) 0,8 л ^{ном} мин ⁻¹
МеМЗ-968	ЗАЗ-968; А; М «Запорожец»	650	4200	3400
МеМЗ-245.10	ЗАЗ-1102	800	5300... ...5600	4250... ...4470
АЗЛК-412	«Москвич-412»	800	5200	4200
408Э	«Москвич-2138; -2136» и их модификации	750...850	4750	3800
412Э	«Москвич-2137; -2140»	750...800	5800	4600
2101	ВАЗ-2101; -202 «Жигули»	750...800	5600	4500
21011	ВАЗ-21011 «Жигули»	750...800	5600	4500
2103	ВАЗ-2103 «Жигули»	750...800	5600	4500
2105	ВАЗ-2105 «Жигули»; ВАЗ-21072; -2104	750...800	5600	4500
2106	ВАЗ-2106 «Жигули»	750...800	5400	4300
2107	ВАЗ-2107	750...800	5600	4500
2121	ВАЗ-2121 «Нива»	750...800	5400	4300
2108	ВАЗ-2108; -2109	750...800	5600	4500
21081	ВАЗ-21081	750...800	5800	4600
21083	ВАЗ-21083	750...800	5600	4500
ГАЗ-21	ГАЗ-21 «Волга»	450	4000	3200
ЗМЗ-24Д	РАФ-2203 «Латвия»	550	4500	3600
ЗМЗ-420.10	ГАЗ-24-10; -24-12; -24-13; РАФ-2203	550	4500	3600
ЗМЗ-4021.10	ГАЗ-24-10; -24-11; -24-12; -24-14; ЕрАЗ-3730	550	4500	3600
ЗМЗ-4022.10	ГАЗ-3102	550	4000	3200
ЗМЗ-451; -451М	УАЗ-451ДМ; -452Д; -469Б	550	4500	3600
ЗМЗ-24Д	ГАЗ-24 «Волга»	550	4500	3600
ЗМЗ-24-01	РАФ-2203	500	4200	3400
ЗМЗ-13	ГАЗ-13 «Чайка»	500	4200	3400
ЗМЗ-14	ГАЗ-14	450	4200	3400
ЗИЛ-111	ЗИЛ-111	500	3200	2550
ЗИЛ-138	ЗИЛ-138; -138Д2; -138В1; ММЗ-45023	500	3200	2550
ЗИЛ-130; -375	ЛАЗ-695Н; -697Р; -697М; -697Н; -699Н; ЗИЛ-130; КАЗ-608В	500	3200	2550
ЗИЛ-157К	ЗИЛ-130В; -131; ЗИЛ-ММЗ-555; ЗИЛ-157; -157К	450	2800	2200
ЗИЛ-508 1000400	ЗИЛ-431410 и модификации	500	3200	2550

Двигатель	Автомобиль	Минимальная устойчивая частота вращения, мин ⁻¹	Частота вращения при номинальной или максимальной мощности, мин ⁻¹	Повышенная частота вращения (ориентировочно) 0,8 л ном' мин ⁻¹
ЗИЛ-508 1000401	Автобусы ЛАЗ-695Н; -697Н	500	3200	2550
ЗИЛ-508 10000402	Автомобиль-тягач КАЗ-608	500	3200	2550
ЗИЛ-5081 10000401	ЗИЛ-131Н и модификации	500	3200	2550
ЗИЛ-5081 10000402	ЗИЛ-131НА и модификации	500	3200	2550
ЗИЛ-5085 1000400	ЗИЛ-431810 и модификации	500	3200	2550
ЗИЛ-5085 1000407	Автобус ЛАЗ-695	500	3200	2550
ЗИЛ-5086 1000400	ЗИЛ-43110	500	3200	2550
ЗИЛ-5097 1000407	Урал-375 СИМ	500	3200	2550
ЗИЛ-509 1000400	Автобус ЛАЗ-699Р	500	3200	2550
ЗИЛ-509 1000401	Автобус ЛАЗ-677М	500	3200	2550
ЗИЛ-114	ЗИЛ-117; -114	500	4000	3200
ЗИЛ-4104	ЗИЛ-4104 и модификации	500	4000	3200
ЗИЛ-507	То же	500	4200	3400
ГАЗ-69	ГАЗ-69; -69А	500	3600	2850
ГАЗ-53А	ГАЗ-51А; -63	450	2800	2250
ЗАЗ-53	ГАЗ-53А; -66	600	3200	2550
672-11	КАВЗ-651А; -685; ПАЗ-672; -3201	600	3300	2550

запустить двигатель и полностью открыть воздушную заслонку карбюратора;

при ненажатой педали водителя проверить и при необходимости установить по тахометру требуемую минимальную частоту вращения вала двигателя n_{\min} ;

увеличить частоту вращения открытием дроссельной заслонки до $n_{\text{пов}}$ и проработать на этом режиме не менее 15 с.

2.11. Для проверки токсичности необходимо:

снизить частоту вращения до минимальной и не ранее чем через 20 с измерить токсичность, записав показания приборов в журнал;

открытием дроссельной заслонки установить повышенную частоту вращения вала двигателя и не ранее чем через 30 с измерить токсичность, записав показания приборов в журнал.

2.12. При наличии у автомобиля отдельных выпускных труб измерения следует проводить в каждой из них отдельно. Для сравнения с нормами берутся максимальные значения, полученные при измерении.

2.13. Если хотя бы один результат превысит установленные нормы, то необходимо произвести проверку и регулирование системы зажигания и карбюратора без снятия его с автомобиля.

2.14. При соответствии результатов измерения токсичности установленным нормам выдается «Талон токсичности» с отметкой «Норма».

2.15. На автомобилях, где предусмотрена возможность пломбирования регулировочных устройств карбюраторов, после регулирования и при соот-

ветствии токсичности установленным нормам они должны вновь пломбироваться.

2.16. В случае отсутствия возможности снизить токсичность регулировочными воздействиями, автомобиль направляется в ремонтную зону для выполнения необходимых работ.

2.17. После выполнения ремонтных работ вновь производится проверка двигателя на соответствие нормам и только при положительном результате выдается водителю автомобиля «Талон токсичности» с отметкой в нем «Норма».

В табл. 2.2. приведены справочные данные по частотам вращения отечественных автомобильных двигателей.

3. Регулирование карбюратора

3.1. На двигателе автомобиля карбюратор подвергается регулированию при работе двигателя на холостом ходу для получения минимальной устойчивой частоты вращения, регламентированной инструкцией завода-изготовителя.

3.2. Перед регулированием необходимо убедиться в том, что воздушная заслонка карбюратора открыта полностью, система зажигания исправна (зазор в свечах нормальный, свечи работоспособны и угол опережения зажигания соответствует рекомендациям). Кроме того, следует проверить состояние воздухоочистителя и при необходимости провести его техническое обслуживание.

3.3. На карбюраторах перед регулированием вернуть винт (винты) состава (регулировки качества) горючей смеси до отказа, а затем вывернуть на 2,5 оборота. Пустить двигатель, прогреть его до рекомендуемой температуры охлаждающей жидкости (не менее 60°С). Установить пробоотборник газоанализатора в выпускную трубу и подключить тахометр.

3.4. Порядок регулирования системы холостого хода для однокамерных или двухкамерных карбюраторов с последовательным открытием дросселей: установить (по тахометру) упорным винтом дроссельной заслонки минимальную устойчивую частоту вращения;

довести частоту вращения до максимальной (что будет свидетельствовать о получении богатой смеси), ввертывая или вывертывая для этого винт состава смеси;

вновь установить упорным винтом дроссельной заслонки минимальную устойчивую частоту вращения;

измерить содержание оксида углерода и углеводородов;

добиться содержания оксида углерода и углеводородов, не превышающего установленных норм, ввертывая в несколько приемов винт состава смеси в начале регулирования примерно на 1/2...1/4 оборота, затем на 1/4...1/8) при минимальной устойчивой частоте вращения, каждый раз корректируя ее упорным винтом дроссельной заслонки.

По окончании регулирования карбюратора на минимальной устойчивой частоте вращения проверить содержание оксида углерода и углеводородов при повышенной частоте вращения, используя для открытия заслонки ножную педаль, при этом их концентрации не должны превышать установленных норм.

3.5. Последовательность регулирования системы холостого хода на двухкамерных карбюраторах с одновременным открытием дроссельных заслонок: установить (по тахометру) упорным винтом дроссельных заслонок минимальную устойчивую частоту вращения;

ввернуть винт состава смеси одной из камер карбюратора до начала работы двигателя с перебоями, после чего упорным винтом установить минимальную устойчивую частоту вращения;

ввернуть винт состава смеси другой камеры, отрегулировав по показаниям газоанализатора содержание оксида углерода и углеводородов ниже допустимого предела, при этом довести упорным винтом частоту вращения до минимальной;

Таблица 3.1

Перечень возможных неисправностей или причин, вызывающих повышенное содержание оксида углерода и углеводородов в отработавших газах

Режим работы двигателя	Характер неисправности	Наименование вероятных причин неисправности	Способ устранения
n_{min}	Повышенное содержание CO и C_xH_y	1. Загрязнение воздушных жиклеров и каналов холостого хода	Продуть сжатым воздухом жиклеры и каналы
»	То же	2. Неплотное прикрытие конусом регулировочного винта состава смеси выходного отверстия системы холостого хода	Заменить нижнюю часть карбюратора или поставить винт с удлиненным конусом
»	»	3. Увеличенная пропускная способность топливного или уменьшенная — воздушного жиклеров системы холостого хода	Заменить поочередно жиклеры
»	»	4. Производственные дефекты системы холостого хода	Осмотреть систему холостого хода и устранить обнаруженные дефекты
$n_{пов}$	Повышенное содержание C_xH_y	1. Засорен воздушный фильтр	Промыть, заменить фильтр
»	То же	2. Повышен уровень топлива в поплавковой камере	Установить уровень
»	»	3. Подтекание топлива через клапан экономайзера	Устранить подтекание
»	»	4. Изменение зазоров в свечах зажигания	Установить зазоры, очистить свечи (при необходимости заменить)
»	»	5. Изменение угла замкнутого состояния контактов прерывателя-распределителя	Отрегулировать угол замкнутого состояния прерывателя
»	»	6. Изменение зазоров в клапанном механизме газораспределения	Отрегулировать зазоры
»	»	7. Неплотность посадки выпускных клапанов	Устранить неисправность
»	Повышенное содержание CO, C_xH_y	8. Неисправна система зажигания, угол опережения зажигания не соответствует рекомендациям завода-изготовителя	Устранить неисправность, выставить рекомендуемый угол опережения зажигания
»	То же	9. Повышенный износ цилиндропоршневой группы	Заменить изношенные детали
»	Повышенное содержание CO	1. Износ впускного клапана карбюратора	Заменить клапан
»	То же	2. Понижена пропускная способность воздушных жиклеров главной дозирующей системы	Устранить неисправность

Продолжение табл. 3.1

Режим работы двигателя	Характер неисправности	Наименование вероятных причин неисправности	Способ устранения
$n_{пов}$	Повышенное содержание CO, C_xH_y	3. Повышенная пропускная способность главных топливных жиклеров	Заменить жиклеры
»	Повышенное содержание C_xH_y	4. Поступление воздуха во впускной трубопровод помимо карбюратора	Устранить неисправность

вывертывая винт состава смеси первой камеры, отрегулировать содержание оксида углерода и углеводородов до значений, не превышающих норм, доведя при этом упорным винтом частоту вращения до минимальной.

После регулирования при минимальной частоте вращения проверить содержание оксида углерода и углеводородов при повышенной частоте вращения (пользуясь при этом ножным или ручным приводом дроссельной заслонки), которые не должны превышать предельно допустимые величины.

3.6. Отрегулировав карбюратор, проверить приемистость двигателя на месте путем медленного и быстрого открытия дроссельной заслонки. При этом не должно наблюдаться перебоев в работе двигателя, провалов при переходе с холостого хода на нагрузочные режимы и хлопков.

Во время проверки приемистости двигатель должен иметь температуру охлаждающей жидкости не менее рекомендованной заводом-изготовителем.

В табл. 3.1 приведен перечень возможных неисправностей карбюраторов, вызывающих повышенное содержание вредных веществ в отработавших газах, а также даны рекомендации по устранению указанных неисправностей.

4. Основные рекомендации по техническому обслуживанию и ремонту карбюраторов

4.1. Снятый с автомобиля карбюратор очистить от грязи, тщательно вымыть снаружи в специальной моечной установке, обдуть сжатым воздухом.

4.2. При отсутствии наружных дефектов проверить уровень топлива в поплавковой камере, а затем проверить работу карбюратора на установке НИИАТ-489М. По результатам проверки устранить выявленные неисправности, а если это невозможно — направить карбюратор в ремонт.

4.3. При ремонте карбюратор необходимо разобрать, промыть и осмотреть все детали, продуть каналы сжатым воздухом, жиклеры и клапаны промыть в ацетоне (или бензине). В ацетоне нельзя промывать эластичные элементы (шайбы) клапанов, изготовленные из материала СКУ-6.

4.4. Проверить соответствие жиклеров данным, указанным в технической документации, клапаны — на герметичность и соответствие весовых характеристик требованиям технической документации. Детали насоса-ускорителя не должны иметь износа и деформаций.

Дроссельная заслонка должна плотно прилегать к стенкам смесительной камеры, выходные отверстия системы холостого хода должны быть чистыми. Ось дроссельной заслонки и втулки в корпусе смесительной камеры не должны иметь видимых износов, при повороте оси не должно быть заедания.

Неисправные детали необходимо отремонтировать или заменить.

Таблица 4.1

Данные для проверки некоторых карбюраторов на приборе НИИАТ-577Б

Модель карбюратора	Подача насоса-ускорителя за 10 рабочих ходов поршня, см ³ , не менее	Расстояние от уровня топлива до плоскости разъема корпуса и крышки камеры, мм
К-124	5	19...21
К-125Б	3	19...21
К-126Н	8	18,5...21,5
К-22Г	10	19...20
К-126Б; К-126Е	12	19...21
К-126Г	15	18,5...20,5
К-82М	15	18...19
К-84М	17	18...19
К-88; К-89	15	18...19
К-88А; К-89А	15	18,5...19,5

Примечание. В случае расхождения приведенных данных с технической документацией завод-поставщик следует пользоваться их документацией.

Таблица 4.2

Данные для проверки топливных насосов

Модель насоса	Максимальное давление, развиваемое при отсутствии подачи топлива, кгс/см ²	Подача, л/ч (не менее), при частоте вращения* распределителя двигателя, мин ⁻¹	Допускаемое понижение максимального давления за 30 с, кгс/см ²	Подача за 10 оборотов валика прибора НИИАТ-577Б, см ³ , не менее
А-2; А-4	0,2...0,3	50/1 800	0,1	40
2101	0,22...0,3	60/2 000**	0,15	50
Б-7	0,3...0,36	80/4 800	0,1	50
Б-9В	0,2...0,3	140/1 800	0,15	90
Б-9Г; Б-9Д; Б-9ДВ	0,2...0,3	125/1 300	0,15	90
Б-9Б; Б-10Б	0,2...0,3	125/1 300	0,15	90 (Б-9Б) 100 (Б-10Б)
Б-10	0,2...0,3	125/1 300	0,15	100

* Подача — в числителе, частота вращения распределительного вала — в знаменателе.

** Частота вращения вала эксцентрика, мин⁻¹.

Таблица 4.3

Режимы проверки и контрольный расход топлива при проверке карбюраторов безмоторным методом на установке модели НИИАТ-489М

Карбюратор	Номер режима проверки	Номер диафрагмы установки	Показания пьезометров		Часовой расход топлива ТС-1, кг
			ртутного, мм рт. ст.	водяного, мм вод. ст.	
К-84М	1	3	250	200	3,1±0,22
	2	5	150	190	9±0,45
	3	5	110	250	10,2±0,51
	4	6	60	—	18±1,25
К-88А	1	4	326	28	2,8±0,2
	2	4	300	74	4,8±0,24
	3	6	230	30	8,4±0,42
	4	6	150	70	11,2±0,56
	5	6	30	—	12,6±0,88
К-124	1	4	200	25	2±0,14
	2	4	185	60	3±0,15
	3	4	150	140	4,6±0,23
	4	4	40	—	9,8±0,68
К-126Б	1	3	335	125	2,5±0,17
	2	3	300	410	3,6±0,18
	3	5	150	110	8,6±0,43
	4	5	35	—	11±0,8
К-126Г	1	4	200	25	1,7±0,12
	2	4	185	60	3±0,15
	3	4	150	130	4±0,2
	4	4	35	—	8,5±0,6
К-89А	1	4	328	28	2,6±0,18
	2	4	300	75	4±0,20
	3	6	230	30	8,5±0,42
	4	6	160	70	11,8±0,59
	5	6	30	—	14,2±1
К-88АТ;	1	2	326	60	1,09±0,11
К-90	2	3	349	115	1,98±0,09
	3	5	212	70	6,11±0,31
	4	5	88	230	8,89±0,44
	5	5	76	265	10,95±0,55
	6	5	60	270	11,17±0,88
	К-89АЕ	1	4	310	26
2	4	280	70	3,9±0,27	
3	6	220	28	8,2±0,4	
4	6	160	62	11,2±0,54	
5	6	20	—	14±1,1	

Примечание. Прочерк означает режим полного открытия дросселя.

4.5. Сборку карбюратора следует производить на специально подготовленном рабочем месте, освобожденном от посторонних деталей. Все прокладки должны быть целыми, жиклеры и корпуса клапанов должны надежно с достаточным усилием ввернуты в свои гнезда. Поплавок устанавливается в правильное положение при помощи специального шаблона или

другого приспособления. Перемещение поплавка на оси должно происходить без заеданий. В деталях привода насоса-ускорителя не должно быть люфтов, при начале открытия дроссельной заслонки, поршень насоса также должен начать двигаться.

4.6. После сборки карбюратора проверяется на стенде герметичность, правильность установки уровня в поплавковой камере, а также испытывается насос-ускоритель (с началом открытия дроссельной заслонки должен начинаться впрыск топлива).

4.7. Окончательная проверка работы карбюратора после ремонта должна производиться безмоторным способом. При получении неудовлетворительных результатов следует выяснить причины этого и устранить их.

4.8. Отремонтированный карбюратор установить на автомобиль и отрегулировать двигатель при работе на холостом ходу в соответствии с имеющейся инструкцией.

4.9. Для обеспечения ремонта карбюраторов конкретных типов должны быть составлены технологические карты (с учетом перечисленных основных рекомендаций и требований технической документации заводов-изготовителей).

В табл. 4.1 приведены справочные данные для проверки карбюраторов, а в табл. 4.2 — для проверки топливных насосов. В табл. 4.3 помещены материалы для проверки карбюраторов безмоторным способом.

Приложение 16

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ по использованию некоторых единиц измерения Международной системы (СИ) и пересчета на них ранее действовавших единиц

Единицы пространства и времени

Частота вращения

1 об/с = 1 с⁻¹,

1 об/мин = 1 мин⁻¹.

Является ошибкой применение слова «град» для обозначения градусов (...°C), ибо это разные величины.

Единицы механических величин

Масса измеряется в тоннах (т); килограммах (кг); граммах (г); миллиграммах (мг).

Грузоподъемность измеряется в единицах массы.

Плотность измеряется в кг/м³; кг/дм³; г/см³.

Сила измеряется в единицах ньютон (Н), а также кН; МН,

1 дин = 10⁻⁵ Н,

1 кгс ≈ 9,81 Н

для не особо точных измерений допустимо

10 кгс ≈ 10 Н,

1 тс ≈ 10 кН.

Удельный вес измеряется в Н/м³.

Момент силы измеряется в Н·м,

1 кгс·м ≈ 9,81 Н·м

допустимо 1 кгс·м ≈ 10 Н·м.

Давление измеряется в единицах паскаль (Па), а также кПа; МПа,

1 кгс/см² ≈ 98,1 кПа (следует иметь в виду, что 1 Па = 1 Н/м²)

допустимо 1 кгс/см² ≈ 0,1 МПа,

для газов допустимо применение единицы 1 бар = 100 кПа (точно),

1 мм рт. ст. ≈ 133 Па,

1 мм вод. ст. ≈ 9,81 Па.

Работа и энергия измеряются в единицах джоуль (Дж), а также кДж; МДж,

1 эрг = 10⁻⁷ Дж,

1 кгс·м ≈ 9,81 Дж

допустимо 1 кгс·м ≈ 10 Дж.

Мощность измеряется в единицах ватт (Вт), а также кВт; МВт,

1 л. с. ≈ 735,5 Вт,

1 л. с. ≈ 0,735 кВт.

Динамическая вязкость измеряется в единицах паскаль-секунда (Па·с)

1 П = 0,1 Па·с,

1 кгс·с/м² ≈ 9,81 Па·с.

Кинематическая вязкость измеряется в квадратных метрах на секунду (м²/с)

1 Ст = 10⁻⁴ м²/с.

Поверхностное натяжение измеряется в единицах ньютон на метр (Н/м), а также мН/м.

Ударная вязкость измеряется в единицах джоуль на квадратный метр (Дж/м²), а также кДж/м².

Единицы тепловых величин

Температурный коэффициент линейного расширения измеряется в единицах кельвин в минус первой степени (К⁻¹; 1/К).

Количество теплоты измеряется в единицах джоуль (Дж), а также кДж; МДж,

1 кал = 4,1868 Дж (точно),

допустимо

1 кал ≈ 4,2 Дж,

1 ккал ≈ 4,2 кДж.

Удельная теплота сгорания (теплота сгорания) измеряется в единицах джоуль на килограмм (Дж/кг или кДж/кг).

Теплоемкость системы измеряется в единицах джоуль на кельвин (Дж/К) или джоуль на градус Цельсия (Дж/°C).

Удельная теплоемкость измеряется в единицах джоуль на килограмм-кельвин [Дж/(кг·К)] или джоуль на килограмм-градус Цельсия [Дж/(кг·°C)].

Теплопроводность измеряется в единицах ватт на метр-кельвин [Вт/(м·К)] или ватт на метр-градус Цельсия [Вт/(м·°C)].

Температуропроводность измеряется в квадратных метрах на секунду (м²/с).

Вместо устаревших терминов «калорийность», «теплотворная способность» следует использовать термин «удельная теплота сгорания» или «теплота сгорания».

Изменились названия: вместо «коэффициент теплопроводности» следует писать «теплопроводность», вместо «коэффициент температуропроводности» следует писать «температуропроводность».

Единицы электрических и магнитных величин

Не следует вместо словосочетания «сила тока» писать «ток».

Написание единицы электрической емкости изменилось (было «фарада», стало «фарад»).

При использовании дольных и кратных единиц измерения необходимо следовать приведенным ниже примерам.

Множител	Приставка	Обозначение приставки	Примеры
10 ⁹	гига	Г	ГПа (гигапаскаль), ГДж (гигаджоуль)
10 ⁶	мега	М	МОм (мегаом), МГц (мегагерц)
10 ³	кило	к	кВ (киловольт), км (километр)
10 ²	гекто	г	гл (гектолитр), гВт (гектоватт)
10 ¹	дека	да	даН (деканьютон), дал (декалитр)
10 ⁻¹	деци	д	дБ (децибел), дм (дециметр)
10 ⁻²	санти	с	см (сантиметр)
10 ⁻³	мили	м	мА (миллиампер), мл (миллилитр)
10 ⁻⁶	микро	мк	мкм (микрометр) мкР (микрорентген)
10 ⁻⁹	нано	н	нс (наносекунда)

Во всех случаях использования обозначений физических величин следует иметь в виду, что обозначения единиц, названных в честь выдающихся ученых Ампера, Вольта, Паскаля, Герца, Ньютона, Уатта, Фарадея и других, не склоняются и пишутся при числовом значении с прописной буквы. Примеры записи и прочтения приводятся ниже.

- ... сила тока равна 5,1 А (пяти и одной десятой ампер);
- ... напряжение на зажимах составляет 12 В (двенадцать вольт);
- ... атмосферное давление равно 100 кПа (ста килопаскаль);
- ... приемник настроен на частоту 380,2 МГц (триста восемьдесят и две десятых мегагерц);
- ... тяговое усилие равно 225 кН (двумстам двадцати пяти килоньютон);
- ... мощность двигателя составляет 95 кВт (девяносто пять киловатт);
- ... емкость конденсатора равна 50 мкФ (пятидесяти микрофарад); и т. д.

Более полно сведения о единицах физических величин СИ изложены в ГОСТ 8.417—81.

Приложение 17

ВЫПИСКА ИЗ ПОСТАНОВЛЕНИЯ ПРАВИТЕЛЬСТВА МОСКВЫ

от 3 декабря 1991 года № 221

О введении в г. Москве начал экономических методов регулирования природопользования

С целью реализации экономических методов регулирования природопользования в г. Москве на основе постановления Совета Министров РСФСР от 09.01.91 № 13 правительство Москвы в соответствии с действующим законодательством СССР и РСФСР в пределах предоставленных ему полномочий постановляет:

1. Ввести для всех предприятий, объединений и организаций независимо от их ведомственной подчиненности, видов и форм собственности, включая иностранных юридических лиц, расположенных на территории г. Москвы, плату за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов.

2. Утвердить единые на территории г. Москвы нормативы платежей, указанные в приложении 1;

2.1. Нормативы платы за согласованные в установленном порядке выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от стационарных источников (приложение 1);

2.2. Нормативы платы предприятий за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ от передвижных источников (приложение 2);

3. Установить, что за нарушение природоохранного и иного законодательства СССР и РСФСР в части охраны природы и рационального природопользования, экологических и санитарно-гигиенических норм, стандартов, правил, невыполнение решений и предписаний органов государственного управления и контроля в части предоставленных им действующим законодательством прав и полномочий в области охраны природы и природопользования для виновных юридических и физических лиц, включая иностранных и лиц без гражданства, вводятся экономические санкции в возмещение экологического ущерба.

4.1. Экономические санкции в возмещение ущерба, наносимого окружающей среде нарушением стандартов характеристик токсичности выбросов при выпуске, ремонте и эксплуатации передвижных источников загрязнения окружающей среды (приложение 6);

6. Контроль за соблюдением предприятиями согласованных показателей выбросов, сбросов загрязняющих веществ в окружающую среду, условий размещения производственных отходов, функция охраны растительного мира, а также полномочия по применению экономических санкций за нарушение установленных экологических норм, стандартов, правил, другие виды нарушений природоохранного и иного законодательства в части охраны природы возлагаются на государственные, ведомственные контролирующие организации и их инспекционные службы.

7. Предприятия, объединения и организации, включая иностранных юридических лиц, граждане СССР, иностранные граждане и лица без гражданства, являющиеся природопользователями, несут перед правительством Москвы и уполномоченными им органами установленную действующим законодательством ответственность. Предприятия и физические лица, получая право (разрешение) на природопользование, данным актом одновременно принимают на себя ответственность за выполнение условий природопользования, включая обязательства по природоохранным платежам. В случае невыполнения указанных обязательств предприятия и физические лица привлекаются к ответственности в соответствии с настоящим постановлением в установленном законом порядке, а разрешение на природопользование аннулируется.

9. Платежи за загрязнение окружающей среды в порядке применения экономических санкций вносятся природопользователями из источников, установленных в соответствии с действующим законодательством нормативными актами.

Платежи за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, осуществляемые сверх предельно допустимых согласованных показателей (лимитов), выплаты в порядке применения экономических санкций в возмещение ущерба, наносимого окружающей среде, вносятся за счет прибыли (дохода), остающейся в распоряжении предприятия.

9.1. Установить (по согласованию с Москомприродой) льготный режим платежей для предприятий и организаций, использующих труд инвалидов; предприятий и организаций, выполняющих работы по озеленению, проектам рекреационного назначения.

Для указанных предприятий и организаций вводятся платежи за выбросы и сбросы загрязняющих веществ, осуществляемые сверх предельно допустимых величин (нормативов и лимитов), за временное размещение не утилизируемых отходов на территории самого предприятия без предварительного

согласования с Москомприродой проекта спецхранлища.

11. Москомприроде с целью оздоровления окружающей среды г. Москвы при строительстве по инициативе городской администрации новых коммунальных объектов, в том числе социальной сферы, в зонах, в которых имеется превышение предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, устанавливать для действующих в указанных зонах предприятий по предложениям, заданиям и проектам городской администрации дополнительные ограничения на массу выбрасываемых загрязняющих веществ.

Предприятие обязано разработать и согласовать с Москомприродой мероприятия по достижению более жестких показателей выбросов загрязняющих веществ.

12. Отменить с даты принятия настоящего постановления действие решений Мосгорисполкома от 17 июля № 1213 и от 14 апреля 1990 г. № 840, за исключением п. 1 в части «Временного положения об образовании и использовании фонда охраны природы», а также нормативно-методических документов, принятых во исполнение указанных решений.

12.1. Установить, что платежи за выбросы, сбросы загрязняющих веществ в окружающую среду, размещение отходов, а также платежи, взыскиваемые в порядке применения экономических санкций, указанные соответственно в пп. 2, 3... настоящего постановления, вносятся юридическими и физическими лицами в Московский городской фонд охраны природы на счет № 142350 МФО 191016 Коммерческого народного банка.

13. Установить, что в случае отклонения государственной экологической экспертизой проектов природоохранных нормативов природопользования, строительства и реконструкции предприятий и объектов по причине отсутствия экологического обоснования, отступления от действующих законодательств, норм, правил и стандартов повторное рассмотрение проектов производится за счет средств заявителя проекта по утвержденным расценкам с оплатой на целевой счет государственной экологической экспертизы Госкомприроды.

17. Предоставить Москомприроде право разработать и представить на утверждение правительству Москвы формы типового договора и разрешений на природопользование применительно к экологическим и экономическим условиям г. Москвы.

18. Поручить управлению Мосгорстат во исполнение решения Мосгорисполкома от 2.07.91 № 252 по договору с Москомприродой обеспечить представление в Москомприроду по предприятиям всех видов и форм собственности, расположенным на территории г. Москвы, на период до утверждения... новых форм государственной статистической отчетности, представляемых в местные органы охраны природы... ежеквартально формы № 2-ТП «воздух» для предприятий, у которых масса выбрасываемых в атмосферный воздух веществ составляет менее 100 т/год.

19. Возложить на Московский городской комитет по охране природы общую организацию выполнения настоящего постановления.

20. Возложить на ГлавКРУ в соответствии с решением Мосгорисполкома от 25.06.91 № 1191 контроль за финансовыми источниками платежей предприятий за загрязнение окружающей среды.

21. Разрешить Москомприроде и другим предприятиям, организациям, формирующим целевые фонды охраны природы, оставлять в своем распоряжении 5 процентов средств платежей, перечисленных в Московский городской фонд охраны природы, для развития материально-технической базы.

22. Контроль за выполнением настоящего постановления возложить на заместителя премьер-министра правительства Москвы Никольского Б. В.

23. Ввести в действие настоящее постановление с даты его принятия.

Премьер правительства Москвы Ю. М. Лужков

Выписка из Приложения 1
к постановлению правительства
Москвы
от 3 декабря 1991 года № 221

Нормативы платы за согласованные выбросы загрязняющих веществ
в атмосферный воздух от стационарных источников (сокращено)

Наименование загрязняющих веществ	Норматив платы за выброс 1 т, руб.	
	предельно допустимых выбросов	за превышение предельно допустимых выбросов в пределах временно согласованных выбросов (ВСВ)
Азота диоксид	140	680
Азота оксид	110	560
Акролеин	500	2 500
Альдегид пропионовый	170	870
Альдегид масляный	170	870
Ангидрид серный (серы триоксид)	170	870
Ангидрид сернистый (серы диоксид)	55	270
Бенз(а)пирен	3 200 000	16 000 000
Бензин нефтяной малосернистый (в пересчете на углерод)	3,2	16
Керосин	2	10
Пыль катализатора	180	650
Сажа	87	430
Свинец и его соединения, кроме тетраэтилсвинца (в пересчете на свинец)	22 000	110 000
Спирт метиловый (метанол)	25	120
Тетраэтилсвинец	770	3 900
Толуол	7	350
Углерода оксид	5	25
Формальдегид	1 000	5 000
Этиленгликоль	100	500

Примечание. В случае отсутствия наименования вещества в документе или невозможности его точной идентификации нормативы платы за выброс 1 т данного вещества в пределах согласованных выбросов определяются в соответствии с его классом опасности или по группе веществ «прочие».

Классы опасности	Норматив платы за 1 т, руб.	
	за предельно допустимые выбросы	за превышение предельно допустимых выбросов в пределах временно согласованных
I	7 700	38 000
II	580	2 900
III	96	480
IV	30	150
Прочие	1 400	6 800

Предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ) устанавливается как масса вредных веществ, которую не разрешается превышать при выбросе в атмосферу в единицу времени, в соответствии с законом РСФСР «Об охране атмосферного воздуха», утвержденном ВС РСФСР 14.06.82, «Инструкцией нормирования выбросов (сбросов) загрязняющих веществ в атмосферу и в водные объекты» Госкомприроды СССР, М., 1989 г., ГОСТ 17.2.3.02—78.

В случаях, когда в воздухе городов или других населенных пунктов концентрации вредных веществ превышают предельно допустимые (ПДК), а значения ПДВ по объективным причинам в настоящее время не могут быть достигнуты, вводится поэтапное снижение выбросов вредных веществ от действующих предприятий до значений, обеспечивающих соблюдение ПДК вредных веществ или до полного предотвращения выбросов; установление временно согласованных выбросов (ВСВ) производится по указанным выше законодательным и нормативно-методическим документам.

Приложение 2
к постановлению правительства
Москвы
от 3 декабря 1991 года № 221

Нормативы платы
за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих
веществ от передвижных источников

Виды топлива	Нормативы платы за выбросы передвижными источниками загрязняющих веществ, образующихся при сжигании 1 т (1000 м ³) топлива, руб/т (руб/1000 м ³)
1. Дизельное	14
2. Бензин этилированный*	11
3. Сжиженный нефтяной газ	10
4. Сжатый природный газ	4,7
5. Керосин	11

* В случае использования транспортными организациями г. Москвы этилированного бензина применяется норматив 17 руб/т

Приложение 6
к постановлению правительства Москвы
от 3 декабря 1991 года № 221

Экономические санкции в возмещение ущерба за нарушение стандартов токсических характеристик выбросов при выпуске, ремонте и эксплуатации передвижных источников загрязнения окружающей среды

1.1. Экономические санкции в возмещение ущерба за нарушения стандартов токсических характеристик выбросов могут быть применены к любым предприятиям и гражданам, осуществляющим на территории г. Москвы производство, выпуск, эксплуатацию и ремонт передвижных средств, работающих

на органическом топливе и являющихся источниками загрязнения окружающей среды. Экономические санкции применяются в случае несоответствия токсических характеристик выбросов эксплуатируемых, новых или восстановленных (отремонтированных) передвижных источников допустимым величинам, определяемым действующими стандартами.

1.2. К передвижным источникам загрязнения относятся:

- автотранспортные средства;
- строительная техника;
- дорожно-строительная техника;
- тепловозы;
- речные суда;
- авиационная техника.

1.3. В г. Москве эксплуатация передвижных источников, токсические характеристики выбросов которых не отвечают хотя бы по одному показателю действующим стандартам, не допускается.

1.4. Водители, работающие по найму и находящиеся на линии, а также индивидуальные владельцы личного автотранспорта за эксплуатацию автомобилей, токсические характеристики выбросов которых не отвечают действующим стандартам, подвергаются административному штрафу в размере 30 рублей, налагаемому на месте представителями Госавтоинспекции.

1.5. Основанием для применения экономических санкций и административных штрафов являются результаты прямых замеров содержания загрязняющих веществ в выбросах передвижных источников.

1.6. Основанием для применения экономических санкций к предприятию являются результаты прямых замеров содержания загрязняющих веществ в выбросах передвижных источников, осуществляемых Московской городской инспекцией по охране атмосферного воздуха.

Количество передвижных источников, подвергаемых контролю, должно составлять не менее:

- 30% — для предприятий с числом передвижных источников в каждой рассматриваемой группе до 100 единиц включительно;
- 15% — с числом передвижных источников в группе до 300 единиц включительно;
- 10% — с числом передвижных источников в группе свыше 300 единиц;
- 15% — от количества выпускаемой продукции в смену для заводов, выпускающих передвижные средства, являющиеся источниками загрязнения окружающей среды;
- 20% — от сменного выпуска передвижных средств для ремонтных заводов и станций технического обслуживания.

При соблюдении указанного размера выборки доля выявленных передвижных источников загрязнения, не соответствующих хотя бы по одному показателю действующим стандартам, распространяется на всю численность парка (выпуска).

1.7. Применение экономических санкций к предприятию допускается не более одного раза в квартал в виде единовременных выплат по экономическим санкциям.

1.8. В случае несоответствия токсических характеристик передвижных источников действующим стандартам в пределах гарантийного срока эксплуатирующее предприятие (лицо) вправе предъявлять претензии заводу-изготовителю (ремонтному заводу, станции техобслуживания) в порядке, определенном договором или действующим законодательством.

1.9. Для заводов-изготовителей, ремонтных заводов и станций технического обслуживания величина платежа в порядке применения экономической санкции устанавливается в размере 2% от стоимости продукции (работ), произведенной с отклонениями от стандартов, подвергнутой контролю в соответствии с п. 1.6.

1.10. Для предприятия размер платежей устанавливается пропорционально общей доле выявленных проверенных средств всех типов передвижных источников, не соответствующих действующим стандартам по токсичности. Для эксплуатирующих предприятий размер выплат по экономическим

санкциям устанавливается в виде произведения массы топлива, приходящегося на долю неисправных передвижных источников, на соответствующий данному виду топлива норматив платы и на повышающий коэффициент 5.

Выписка из Приложения 7
к постановлению правительства Москвы
от 3 декабря 1991 года № 221

III Плата за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ от передвижных источников

3.1. С предприятий, имеющих на своем балансе передвижные источники загрязнения:

автотранспортные средства;
дорожно-строительную технику;
строительную технику;
тепловозы;
речные суда;
авиационную технику

взимаются платежи за выбросы загрязняющих веществ в атмосферный воздух от указанных передвижных источников.

3.2. Нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ установлены для передвижных источников дифференцированно исходя из видов используемого топлива. Величины нормативов платы за выбросы в атмосферный воздух загрязняющих веществ от передвижных источников утверждены постановлением правительства Москвы от 3 декабря 1991 г. № 221 и приведены в приложении 2 к указанному постановлению.

3.3. Размер платы исчисляется как произведение массы израсходованного в процессе эксплуатации передвижных источников топлива и соответствующего данному виду топлива норматива платы.

3.3.1. В случае обеспечения регулярного снижения показателей токсичности веществ, содержащихся в отработавших (выхлопных) газах передвижных источников, по сравнению с действующими стандартами, подтверждаемого результатами проверок и актами государственной инспекции, по итогам года осуществляется перерасчет платежа. Размер платежа уменьшается на величину двукратного снижения массы загрязняющих выбрасываемых веществ на 1 тону расходуемого топлива в процентном выражении.

3.3.2. В случае, если передвижной источник оснащен нейтрализатором, противодымным фильтром или иным аттестованным устройством, обеспечивающим по паспортным данным не менее 50% очистки отработавших (выхлопных) газов, затраты на приобретение и установку указанного устройства при представлении документации, подтверждающей факт его установки, компенсируются предприятию в пределах суммы платежа, исчисленного исходя из израсходованного топлива, путем сокращения платежа на величину вышеуказанных затрат.

Приложение 18

МЕТОДИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

по использованию научно-технических терминов, относящихся к тематике справочного пособия, и некоторых других

Предлагаемые рекомендации основаны на материалах действующей нормативной документации, энциклопедических изданий, справочной литературы, словарей.

Автолы — термин, устарел, следует писать **моторные масла, применяемые в автомобильных карбюраторных двигателях.**

Антидетонационные свойства — недопустимый термин, следует писать **детонационная стойкость.**

Антикоррозийное покрытие — термин заменен, следует писать **защитное покрытие.**

Антикоррозионная стойкость — нужно писать наоборот — **коррозионная стойкость.**

Антифламинг — устаревший термин, заменен на **пламегаситель.**

Вибростойкость — термин заменен на **вибрационная устойчивость (прочность).**

Водотопливная эмульсия — нужно писать **водно-топливная эмульсия.**

Геометрия (детали, изделия) — термин жаргонный, нужно писать **геометрические характеристики (детали или изделия)**

Гидравлика (в смысле «система») — термин жаргонный, им пользоваться в этом смысле нельзя, ибо гидравлика — это наука.

Гидросмесь (жидкость, используемая в гидравлических системах) — следует писать **гидравлическая жидкость.**

Дизельный двигатель — термин неправильный, нужно писать **дизель.**

Драгоценные металлы — устаревший термин, следует писать **благородные металлы** (имеются в виду золото, серебро, платина, палладий, иридий, родий, рутений, осмий).

Емкость (как внутренний объем сосуда, тары) — следует писать **вместимость или объем.** Однако термин емкость можно использовать, как синоним слов бак, сосуд, цистерна и т. д.

Замер — термин устарел, следует писать **измерение.**

Заусеница (в технике) — следует писать **заусенец.**

Конструктивные испытания — термин неправомерный, заменен на **доводочные испытания.**

Конусная (форма, резьба и т. п.) — правильно следует писать **коническая.**

Крутящий момент — это термин из области знаний, относящейся к сопротивлению материалов, т. е. момент, приложенный к невращающемуся телу, закручивающий это тело. В случае, если момент прикладывается к телу, имеющему возможность вращаться (коленчатый вал, деталь какого-либо привода и т. п.), то следует использовать термин **вращающий момент** (см. Политехнический словарь).

Массовый (весовой, объемный) процент — термин устарел, следует писать **массовая (весовая, объемная) доля** (измеряется обычно в процентах, а иногда в виде десятичной дроби).

Мелкий ремонт — термин заменен на **текущий ремонт.**

Мотопомпа — следует писать **мотонасосный агрегат.**

Пишущая машинка — написание неправильное, следует писать **пишущая машина.**

Пневматика — жаргонный термин, не имеющий физического или технического смысла.

Пожарный сигнализатор — вместо этого термина нужно писать **пожарный извещатель.**

Помпа — устаревший термин, следует писать **насос.**

Потребляемая мощность — если речь идет об агрегате или системе, использующей переменный ток, то нужно выражать потребляемую мощность в **вольт-ампер (В·А) или киловольт-ампер (кВ·А).**

Проверочные испытания — нужно писать **типовые испытания** (ГОСТ 16504-81).

Производительность насоса — термин неправильный, ибо насос ничего не производит, следует писать **подача насоса.**

Производительность фильтра (или жиклера) — неправильный термин, нужно писать **пропускная способность фильтра (жиклера).**

Размерность (в смысле названия единицы физической величины) — в этом смысле применение термина неправомерно, следует писать **единица физической величины** (например: м; м/с; кПа, МГц и др.).

Расточка (как процесс) — следует писать **растачивание** (расточка — это результат растачивания).

Регулировка (как процесс) — следует пользоваться термином **регулирование**

(регулировка — это совокупность значений каких-либо параметров, полученная после регулирования).

Сила тяги (двигателя; движителя) — нужно писать короче — тяга.

Система смазки — следует писать смазочная система.

Скорость вращения — термин не имеет физического и технического смысла.

Технический уход — точнее будет техническое обслуживание.

Удельная поверхность — термин ошибочный, следует писать удельная площадь поверхности.

Центрование (в смысле совмещения центров или осей каких-либо деталей) — нужно писать центрирование.

Шестеренчатый насос — следует писать шестеренный насос.

Экология — термин в основном (как в литературе, так и в быту) применяется неправомерно, например, как синоним слов окружающая среда. Это грубая ошибка. Энциклопедический словарь (изд. 1990 г.) трактует:

«Экология — наука об отношениях растит. и животных организмов... между собой и с окружающей средой». Тот же словарь разъясняет: «С 70-х гг. 20 в. складывается экология человека или социальная экология, изучающая закономерности взаимодействия общества и окружающей среды, а также практические проблемы ее охраны...» Поэтому следует в вопросах, связанных с тематикой этой книги, использовать только словосочетание

«социальная экология» и его производные, а термин «экология» оставить ученым-биологам.

Электронно-вычислительная машина (ЭВМ) — широко распространенное, но неправильное написание; нужно писать электронная вычислительная машина.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Предисловие редактора	3
Принятые сокращения и обозначения	4
Предисловие	7
1. Социально-экологические проблемы и перспективы развития автотранспорта	9
2. Токсическая оценка вредных выбросов	21
2.1. Источники выбросов	22
2.2. Состав отработавших газов	31
2.3. Токсичность компонентов отработавших газов	35
3. Образование токсичных компонентов	46
4. Измерение токсичности и дымности отработавших газов	46
4.1. Методы газового анализа и приборы для его проведения	55
4.2. Измерение дымности отработавших газов	55
4.3. Контроль токсичности и дымности двигателей автомобилей с помощью роликовых стендов, стендовое оборудование и установка	60
5. Нормирование токсичности и дымности отработавших газов	70
5.1. Оценка загрязненности атмосферы отработавшими газами	70
5.2. Организация природоохранной работы в отношении загрязнения атмосферы в Японии	72
5.3. Нормирование токсичности и дымности отработавших газов	75
6. Влияние различных факторов на токсичность и дымность отработавших газов	107
7. Параметры регулировки топливной аппаратуры дизеля; эксплуатационные и конструктивные факторы бензинового ДВС, влияющие на токсичность отработавших газов	125
8. Снижение токсичности и дымности отработавших газов двигателей внутреннего сгорания	145
8.1. Снижение токсичности и дымности ОГ дизелей	145
8.2. Снижение токсичности ОГ бензиновых двигателей	172
9. Классификация систем снижения токсичности и дымности отработавших газов в выпускной системе	184
10. Конструктивные особенности и основные параметры систем снижения токсичности и дымности отработавших газов	193
10.1. Системы снижения токсичности и дымности ОГ дизелей	193
10.2. Системы снижения токсичности ОГ бензиновых ДВС	212
11. Топлива и масла	217
12. Техническая эксплуатация средств снижения токсичности и дымности отработавших газов ДВС	223
13. Применение альтернативных топлив	231
14. Разные проблемы	242
Приложения	246
Приложение 1. Список городов и поселков городского типа с преобладающим (более 50%) вкладом выбросов автотранспортом в валовой выброс	246
Приложение 2. Перечень основных организаций и фирм, деятельность которых связана с социально-экологическими проблемами автотранспортных средств	248
Приложение 3. Перечень разработок в области социальной экологии автотранспорта	251
Приложение 4. Перечень документов, разработанных ведущими научными организациями в области социальной экологии автотранспорта	256
Приложение 5. Перечень Государственных стандартов по охране природы, действующих на предприятиях автотранспорта	258
Приложение 6. Перечень предприятий, изготавливающих приборы и аппаратуру для контроля состояния природной среды и источников загрязнения, осуществляющих их ремонт, государственную проверку	259

Приложение 7. Перечень газоанализаторов и дымомеров, выпускаемых в СНГ	260
Приложение 8. Перечень предприятий — изготовителей каталитических нейтрализаторов и катализаторов	261
Приложение 9. Примерный перечень основного зарубежного испытательного оборудования для оснащения производственно-экспериментальной базы НИИ, КБ, заводов и предприятий, работающих над социально-экологическими вопросами автотранспорта	262
Приложение 10. Примерный перечень основного отечественного испытательного оборудования для оснащения производственно-экспериментальной базы НИИ, КБ, заводов и предприятий, работающих над социально-экологическими вопросами автотранспорта	273
Приложение 11. Таблица для пересчета объемных концентраций токсичных компонентов отработавших газов и паров в массовые и наоборот (при температуре 25°С и давлении 101,3 кПа)	276
Приложение 12. Молекулярная масса и плотность основных токсичных компонентов отработавших газов	278
Приложение 13. Положение о контрольно-регулирующем пункте токсичности	279
Приложение 14. Инструкция по проверке, регулировке и ремонту топливной аппаратуры с целью обеспечения минимальной дымности отработавших газов автомобилей с дизелями	284
Приложение 15. Инструкция по проверке и регулировке бензиновых двигателей автомобилей на минимальную токсичность отработавших газов	309
Приложение 16. Методические рекомендации по использованию некоторых единиц измерения Международной системы (СИ) и пересчета на них ранее действовавших единиц	318
Приложение 17. Выписка из постановления правительства Москвы от 3 декабря 1991 г. № 221	320
Приложение 18. Методические рекомендации по использованию научно-технических терминов, относящихся к тематике справочного пособия, и некоторых других	326

Редактор *В. И. Козлов*

Технический редактор *Л. В. Кутакова*

Корректор *Л. С. Горбенко*

Сдано в набор 05.04.93 Подписано в печать 11.07.93 ЛР № 010207 от 04.03.92

Формат бумаги 60×90^{1/16} Бум. тип. № 2 Литературная гарнитура

Высокая печать. Усл. печ. л. 20,75 Уч.-изд. л. 25,31

Тираж 2000 экз. Заказ 1531 С 0029

Производственно-издательский комбинат ВИНТИ
140010, Люберцы, 10, Московской обл., Октябрьский просп., 403