

Министерство образования Республики Беларусь
БЕЛАРУССКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ

Кафедра «Двигатели внутреннего сгорания»

ТОКСИЧНОСТЬ ДВС

Методические указания
по изучению дисциплины «Токсичность ДВС»
для студентов специальности 1-37 01 01 «Двигатели внутреннего сгорания»

Учебное электронное издание

Минск 2009

УДК 540.61: 621.43(076.5)

Составитель:

В.В. Альферович, доцент кафедры «Двигатели внутреннего сгорания» БНТУ,
кандидат технических наук

Рецензенты:

Л.А. Молибошко, профессор кафедры «Автомобили» БНТУ,
кандидат технических наук;

Н.С. Янкевич, ведущий научный сотрудник лаборатории «Металлургия в машиностроении» ОИМ НАН Белоруссии, кандидат технических наук

Настоящие методические указания составлены на основании типовой программы дисциплины и включают в себя рабочую программу дисциплины, методические указания по изучению теоретических вопросов и выполнению контрольной работы.

Белорусский национальный технический университет
пр-т Независимости, 65, г. Минск, Республика Беларусь
Тел.(017) 292-77-52 факс (017) 292-91-37
Регистрационный № БНТУ/АТФ16 – 2.2009

© БНТУ, 2009

© Альферович В.В., 2009

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	4
1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ.....	5
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	7
2.1. СОСТАВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ.....	8
2.2. ОЦЕНКА СОСТАВА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ	9
2.2.1. Общие положения	9
2.2.2. Стандартизованные испытания	11
2.3. ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗЛОЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ	17
2.4. СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ	19
2.4.1. Устройство нейтрализатора	20
2.4.2. Нейтрализаторы для бензиновых двигателей	21
2.4.3. Нейтрализаторы для дизелей	22
2.5. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ.....	27
2.6. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА	30
Приложение 1. Мини-словарь экологических терминов	32
Приложение 2. Основные нормативные документы по испытаниям ДВС и АТС с целью оценки выбросов ВВ с ОГ	44
Приложение 3. Европейский стандарт для тяжелых грузовиков. Цикл испытаний ESC.....	46
Приложение 4. Европейский стандарт для дизельных и газовых двигателей. Цикл испытаний ETC	47
Приложение 5. Испытательные циклы моделирующие переходные процессы...48	
Приложение 6. Предельные выбросы ВВ с ОГ по нормам US EPA для внедорожных машин	49
Литература	51

ВВЕДЕНИЕ

Автотракторный комплекс является крупнейшим источником загрязнения окружающей среды на современном этапе развития цивилизации. В Республике Беларусь на долю автомобильного транспорта приходится около 80% всех выбросов в атмосферу.

Эксплуатация транспортного комплекса базируется на потреблении значительных объемов энергетических, материальных, земельных и трудовых ресурсов. По данным международного газового союза, общий объем извлекаемых из недр земли энергетических ресурсов составляет 1083,5 млрд. т. условного топлива, из которых 65,5% - уголь, 12,6% - нефть, 10% - природный газ, 11,9% - сланцы, битумы. Автомобильный транспорт в процессе эксплуатации потребляет около 50% добываемой нефти. Кроме того, на изготовление автомобилей, запасных частей, эксплуатационных и конструкционных материалов расходуется около 20% производимых черных металлов, 50% свинца, 35% цинка, 13% никеля, 7% меди, 50% натурального каучука и т.д. При изготовлении автомобилей на 1т готовой продукции расходуется около 150т природных ресурсов, т.е. КПД этого процесса составляет 0,7%. По расчетам, автомобилестроение потребляет около 10% добываемых в мире ресурсов (без учета ресурсов, затраченных на строительство промышленных предприятий автостроительного комплекса).

Одним из важнейших направлений воздействия транспорта на окружающую среду являются физические виды загрязнения, к которым относят шумовое, вибрационное, тепловое, световое и электромагнитное излучения. Наибольший вклад приходится на шумовое излучение и вибрации.

В настоящем пособии рассмотрены вопросы образования вредных веществ при горении топлива в камере сгорания, их анализ и отмечены некоторые основные методы их нейтрализации. Кроме того даны понятия о предельно допустимых концентрациях вредных веществ в отработавших газах и о сертификации транспортных средств.

Решение задачи повышения экологических показателей ДВС приводит к необходимости внедрения в отечественное двигателестроение различных методов снижения токсичности отработавших газов (ОГ). Применяются методы позволяющие воздействовать на рабочий процесс двигателя таким образом, чтобы предотвратить образование в камере сгорания (КС) повышенных концентраций токсичных компонентов ОГ. Другая группа методов направлена на улавливание или нейтрализацию уже образовавшихся токсичных компонентов в выпускной системе ДВС.

В приложении 1 приведен мини словарь экологических терминов, а в приложениях 2...6 приведены некоторые основные стандарты, определяющие методы испытаний и нормы предельных выбросов вредных веществ.

1. РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Введение

Предмет и задачи курса. Роль дисциплины в повышении качества ДВС. Обобщенные понятия и определения.

Литература: [1] с.7...9.

1.1. СОСТАВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

Токсичность топлива. Картерные газы. Топливные испарения. Состав ОГ. Воздействие продуктов сгорания на окружающую среду. Краткая характеристика составляющих вредных веществ (ВВ). Фотохимический смог. Парниковые газы и парниковый эффект. Нормируемые и ненормируемые вещества. Санитарно-гигиенические и технические показатели.

Литература:

[1] с.35...40; 54...60; 62...71,

[2] с.434...437.

1.2. ОЦЕНКА СОСТАВА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

1.2.1. Общие положения

Аккредитация. Сертификация.

1.2.2. Стандартизованные испытания

Нормативная документация. Методы испытаний. Испытание на стенде с беговыми барабанами. Испытание на моторном стенде. Режимы испытаний. Нормативные требования. Испытательные циклы Европы, США и Японии. Правила ЕЭК ООН №49. Основы расчёта удельных выбросов ВВ. Дымность ОГ и режимы испытаний. Требование Правила ЕЭК ООН №24-03 и ГОСТ 17.2.2.02-98. Исследовательские испытания. Методы и средства измерения. Измерение содержания газообразных ВВ, частиц и дымности ОГ.

Литература:

[1] с.220...227; 235...253,

[2] с.430...433; 444...468,

[3], [4], [5].

1.3. ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗЛОЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Образование составляющих ВВ в ДВС с внешним и внутренним смесеобразованием. Оксид углерода (I, II). Сажа. Углеводороды. Оксиды азота (I, II, III).

Литература:

[1] с.62...67,

[2] с.434...437.

1.4. СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

1.4.1. Воздействие на рабочий процесс

Регулировочные параметры дизелей: температура и давление воздушного заряда; сопротивление смеси впуска и выпуска; скоростной режим; максимальное давление впрыска топлива; давление начала впрыска; отсечка в конце впрыска; цикловая подача топлива; угол опережения впрыска. Конструктивные изменения дизелей: тип смесеобразования; геометрия КС; геометрия распылителя; величина надпоршневого зазора; геометрия впускных каналов и клапанов; степень сжатия; рециркуляция ОГ; впрыск воды; альтернативные топлива; присадки к топливу. Регулировочные параметры двигателя с принудительным зажиганием: состав смеси; уровень топлива в поплавковой камере; регулировка холостого хода; зазоры в свечах зажигания; угол замкнутого состояния контактов прерывателя; тепловые зазоры в ГРМ. Конструктивные изменения ДВС с принудительным зажиганием: впрыск топлива; расслоение заряда; вихревое движение заряда; ультразвуковые распылители; отношение поверхности КС к её объёму; вентиляция картера двигателя; рециркуляция отработавших газов. Альтернативные топлива.

Литература:

[1] с.76...124; 145...158,

[2] с.438...439.

1.4.2. Системы очистки отработавших газов

Типы и устройства нейтрализаторов; сажевые фильтры.

Литература:

[1] с.141...144,

[2] с.440...443.

1.5. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Анализ протекания рабочего процесса и пути воздействия на него. Интегральный показатель неполноты сгорания топлива. Коэффициент избытка воздуха по составу ОГ.

Литература: [6] с.181...188.

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ИЗУЧЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

Реализация научно-технических достижений в различных областях человеческой деятельности не только приносит человечеству многочисленные блага, но и сопровождается рядом негативных явлений. Выбросы отравляющих веществ промышленными предприятиями, энергетическими системами и транспортом достигли таких размеров, что в крупных промышленных центрах уровни загрязнения часто превышают предельно допустимые санитарные нормы. Особенно сильное воздействие на окружающую среду оказывает автомобильный транспорт.

Разрушительное и загрязняющее воздействие антропогенных факторов на окружающую среду приобретает глобальный характер. В связи с этим возрастает роль экологической науки, направленной на разработку и совершенствование средств и методов защиты окружающей среды. Проблема защиты окружающей среды на автотранспорте носит комплексный характер и должна решаться совместными усилиями специалистов в области автотракторостроения, технической эксплуатации, организации автомобильных перевозок, дорожного движения, дорожного строительства и транспортного градостроительства.

Следует обратить внимание, что под токсичностью ДВС понимается негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду (растения, животных, людей и зданий) вредными веществами, содержащимися в отработавших газах ДВС, картерных газах, а также в топливных испарениях.

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Токсичность ДВС» должна начинаться с ознакомления с содержанием рабочей программы, приведенной в настоящих указаниях, и изучения отдельных вопросов по литературе. В основу подготовки следует положить литературные источники, приведенные в списке литературы. Для облегчения работы с литературой по каждому разделу курса даны ссылки на соответствующие страницы рекомендуемой литературы. В связи с быстрой динамикой мировых научно-технических достижений в этой области, следует просматривать специальную периодическую литературу, например, журналы «Двигателестроение», «Автомобильная промышленность», «Автостроение за рубежом» и др. Изучение дисциплины следует проводить систематически, равномерно распределив изучаемый материал на весь период подготовки.

Рекомендуется вести краткий конспект, в котором необходимо отражать наиболее важные положения, позволяющие получить при его чтении исчерпывающий ответ по содержанию изучаемого раздела курса.

Заключительным этапом работы по изучению дисциплины «Токсичность ДВС» является выполнение контрольной работы.

2.1. СОСТАВ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

В этом разделе необходимо усвоить, что автотранспортные средства (АТС) при движении загрязняют атмосферный воздух отработавшими газами, картерными газами, испарениями топлива и трансмиссионных масел, пылью и аэрозолями, образующимися при износе дорожного полотна, шин, тормозных колодок и дисков сцепления. В 1990г. выбросы ОГ от АТС в мире составили, млн. т: углеводороды - 39, монооксиды углерода - 231, диоксид углерода - 3969, оксиды азота - 32. В загрязнении атмосферного воздуха крупных городов мира доля автомобильного транспорта варьирует, %: 88...97 CO, 31...33 NO_x, 63...95 углеводородов. До 95% токсичных компонентов, выделяемых дизелями, приходится на отработавшие газы.

В картерных газах основными токсичными компонентами являются оксиды азота (45...80%), альдегиды (до 30%), а также углеводороды (до 40%), концентрация которых в 15...20 раз выше, чем в отработавших газах (рис.2.1).

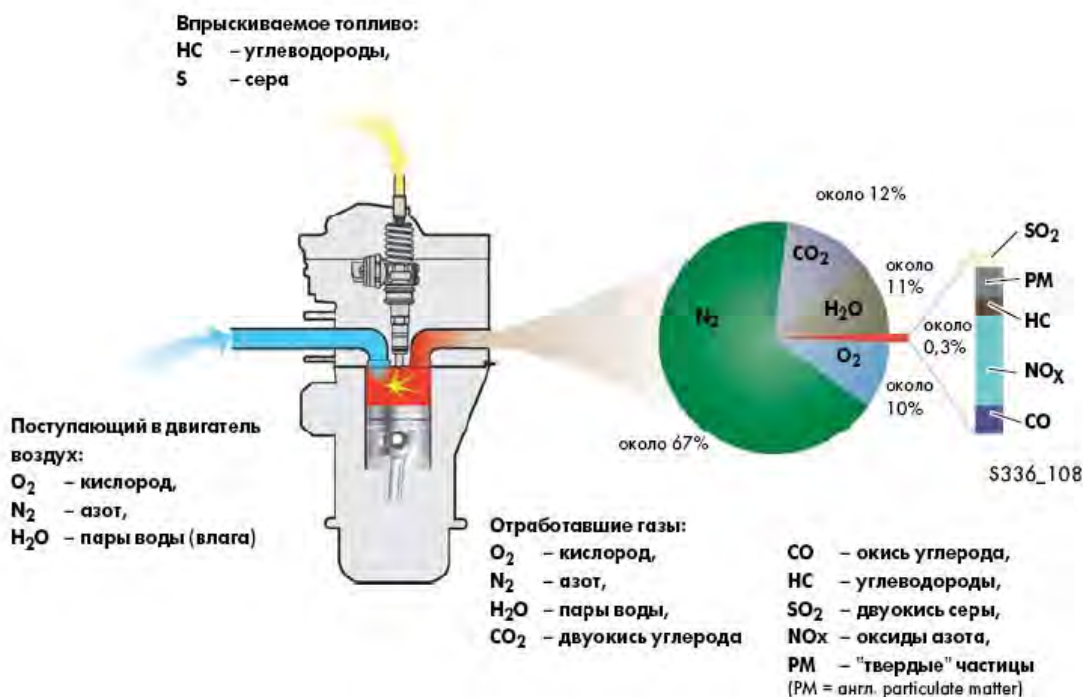


Рис. 2.1. Состав отработавших газов

Состав ОГ ДВС зависит от типа используемого топлива и от совершенства организации рабочего процесса. Поэтому, характеризуя состав ОГ различных типов двигателей, обычно указывают широкие пределы содержания компонентов. При этом состав ОГ существенно различается, прежде всего, по концентрации оксида углерода, углеводородов, оксидов азота и сажи (табл.2.1).

Вредных веществ карбюраторных ДВС, в расчете на единицу полезной работы, больше вредных веществ дизелей в 2...4 раза по массе и в 1,5...2

раза по эквивалентной токсичности. Для бензиновых двигателей нормируются выбросы оксида углерода, суммарных углеводородов и оксидов азота. Для дизельных двигателей – помимо трех вышеприведенных составляющих, дополнительно нормируются дымность ОГ и выбросы твердых частиц.

Таблица 2.1

Содержание основных компонентов ОГ в ДВС

Компонент	Двигатель	
	бензиновый	дизельный
Оксид углерода (об.%)	0,5...12,0	0,001...0,050
Водород (об.%)	0,1...5,0	-
Кислород (об.%)	0,3...8,0	2,0...18,0
Азот (об.%)	74...77	76...78
Оксиды азота (об.%)	0,001...0,800	0,0005...0,5000
Пары воды (об.%)	3,0...5,5	0,5...4,0
Сажа (г/м ³)	0,0...0,4	0,01...1,10
Альдегиды (мл/л)	0,0...0,2	0,001...1,100
Углеводороды (об.%)	0,2...3,0	0,01...0,50
Бензапирен (г/м ³)	10...29	5...10

Следует обратить внимание на то, что существуют два вида нормирования экологического уровня ДВС и АТС: по санитарно-гигиеническим показателям и техническим показателям. Санитарно-гигиенические показатели оговаривают предельно-допустимые концентрации (ПДК) различных веществ в воздухе. Технические показатели экологического уровня ДВС и АТС регламентируются различными нормативно-техническими документами, в которых оговариваются предельные значения удельного выброса с ОГ того или иного компонента при условии проведения испытаний на определенных режимах.

2.2. ОЦЕНКА СОСТАВА ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

2.2.1. Общие положения

В этом разделе необходимо ознакомиться с организацией порядка проведения испытаний.

Существуют организации, которым дано право проверять ДВС и АТС, принадлежащие другим организациям или физическим лицам: органы ГАИ, испытательные лаборатории (центры). Получение разрешения (лицензии) на проведение оценки определенного перечня показателей продукции возможно при условии аккредитации данной организации, т.е. подтверждения наличия в организации необходимого оборудования и его технического состояния, а также необходимого профессионального уровня специалистов.

Лицензия (от латинского - свобода, право) - это документ, представляющий собой специальное разрешение на осуществление конкретного вида деятельности при обязательном соблюдении лицензионных требований и условий, выданный лицензирующим органом юридическому лицу или индивидуальному предпринимателю. Важнейшей целью лицензирования деятельности на автомобильном транспорте стало государственное воздействие на хозяйствующие субъекты для соблюдения ими требований безопасной эксплуатации принадлежащих им автотранспортных средств.

Вторая цель, являющаяся основой для разрешительной системы как средства государственного регулирования деятельности на транспорте, - это допуск на рынок транспортных услуг квалифицированных, надежных и финансово дееспособных производителей этих услуг.

Третья цель - регулирование рынка транспортных услуг за счет введения квот лицензий внутри сектора транспортного рынка или между его секторами.

Четвертой, не менее важной, целью осталось соблюдение экологических норм, установленных в области транспорта и дорожного хозяйства.

Деятельность по подтверждению соответствия продукции установленным требованиям называется сертификацией (обязательная и добровольная сертификация).

Сертификация в переводе с латыни означает «сделано верно». Для того чтобы убедиться в том, что продукт или услуга «сделаны верно», надо знать, каким требованиям они должны соответствовать и каким образом возможно получить достоверные доказательства этого соответствия. Общеизвестным способом такого доказательства служит сертификация соответствия. Установление соответствия заданным требованиям сопряжено с испытаниями или контролем. В оценке соответствия наиболее достоверными считаются результаты испытаний «третьей стороной», т.е. лицом или органом, независимым от поставщика продукции или услуги (первая сторона) и потребителем (вторая сторона).

Сертификация - это процедура, посредством которой третья сторона письменно удостоверяет, что должным образом идентифицированная продукция, процесс, услуга соответствуют заданным требованиям. Орган по сертификации - юридическое лицо или индивидуальный предприниматель, аккредитованные в установленном порядке для выполнения работ по сертификации. Сертификат соответствия - документ, удостоверяющий соответствие объекта требованиям технических регламентов, положениям стандартов или условиям договора. Сертификация может быть обязательной или добровольной.

Аккредитация - это официальное признание органом по аккредитации компетентности физического или юридического лица выполнять работы в определенной области оценки соответствия. Аккредитация осуществляется на основе следующих принципов:

- добровольности;
- открытости и доступности правил аккредитации;

- компетентности и независимости органов, осуществляющих аккредитацию;
- недопустимости ограничения конкуренции и создания препятствий пользованию услугами органов по сертификации и аккредитованных испытательных лабораторий;
- недопустимости совмещения полномочий на аккредитацию и подтверждение соответствия;
- недопустимости установления пределов действия документов об аккредитации на отдельных территориях.

Весь процесс сертификации механических транспортных средств может быть разбит на отдельные этапы, каждый из которых связан с проведением определенных видов деятельности по сертификации объектов, в качестве которых могут быть:

- агрегаты, узлы, детали (т. е. составные части), которые предназначены для установки на новый автомобиль;
- отдельные свойства транспортного средства (например, токсичность отработавших газов);
- механическое транспортное средство в целом (по совокупности свойств, приносимых в него агрегатами, узлами, деталями).

Сертификация механического транспортного средства в целом сопровождается выдачей документа «Одобрение типа транспортного средства», который подтверждает, что должным образом идентифицированное транспортное средство соответствует перечню технических требований, предъявляемых к данному типу транспортных средств. Технические требования, представляемые системой нормативной документации, зависят от категории транспортного средства.

2.2.2. Стандартизованные испытания

В этом разделе следует ознакомиться с нормативной документацией, которая предписывает порядок проведения испытаний, режимы испытаний, допустимые типы используемой измерительной аппаратуры и предельные значения удельных выбросов ВВ. Кроме того, в них приведены методики перерасчета полученных данных.

Существуют разные типы стандартов: национальные (у нас ГОСТы); международные, которыми пользуются в качестве национальных, либо наряду с последними; местные (локальные). Впервые нормирование токсичности ОГ и картерных газов было введено в США в 1959 (штат Калифорния). В 1968г в США утвержден Государственный (федеральный) стандарт. В 1970г Европейской экономической комиссией ООН были рекомендованы единые для государств Европы Правила оценки токсичности ОГ и картерных газов (Правила ЕЭК ООН 15 и 49). В СССР нормирование токсичности началось в 1970г (ГОСТ 16533-70).

В Европе вопросами совершенствования АТС занимаются транспортные организации Европейской Экономической Комиссии Организации Объ-

единенных Наций (ЕЭК ООН), Европейский Союз (ЕС) и Международная Организация по Стандартизации (ISO). В США действуют предписания Агентства по защите окружающей среды (EPA).

В стандартах объекты испытаний подразделяются: по сфере их применения (мопеды, мотоциклы, автобусы, внедорожная техника и т.д.); по предмету оценки (экологический уровень конструкции или техническое состояние).

Каждый стандарт оговаривает следующие основные положения:

- 1) область распространения, т.е. какие объекты попадают под действие данного документа. Принятое разделение транспортных средств на категории представлено в таблице 2.2;
- 2) комплектация, в которой проводят испытания, т.е. перечень агрегатов, которые должны быть обязательно в наличии. При невозможности установки некоторых агрегатов приводятся численные значения их характеристик, чтобы можно было имитировать наличие необходимых агрегатов;
- 3) режимы испытаний – сочетание нагрузки, частоты вращения и времени выдержки на каждом режиме;
- 4) методика расчета конечных значений экологических показателей объекта испытаний;
- 5) перечень и методы измерения экологических показателей, а также погрешность средств измерения;
- 6) нормативные (предельные) значения контролируемых параметров. В зависимости от методики испытаний нормативы могут выражаться:
 - для АТС массовыми выбросами (г/км, г/испытание);
 - для ДВС – концентрацию токсичных компонентов в сухих ОГ оценивают в объемных процентах (%), миллионных долях по объему (млн^{-1} , ppm), в миллиграммах на 1л ОГ или удельным выбросом ВВ. (г/кВт*ч);
- 7) сроки действия документа и нормативных показателей.

Оценка содержания компонентов ВВ в ОГ в настоящее время проводится:

- по содержанию в ОГ газообразных ВВ – оксидов азота (NO_x , в пересчете на диоксид азота NO_2), оксида углерода СО и суммарных углеводородов (обычно в пересчете на условный состав топлива $\text{C}_1\text{H}_{1,85}$, но может быть и в пересчете на углерод С или пропан C_3H_8);
- для дизелей, помимо перечисленного, дополнительно определяют содержание в ОГ твердых частиц РМ, а также дымности ОГ (на установившихся и переходных режимах).

Перед испытаниями по оценке экологических показателей проводят испытания ДВС (или АТС) с целью его идентификации с заявленными характеристиками (согласно ТУ) с необходимой комплектацией. Только при соответствии характеристик ДВС требованиям ТУ проводят испытания на токсичность. При этом применяют два способа: испытания ДВС в составе автомобиля на стенде с беговыми барабанами и испытание ДВС на моторном стенде.

Классификация АТС

Категория АТС	Тип и общее назначение АТС	Максимальная масса, т	Класс и эксплуатационное назначение АТС
M1	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие не более 8 мест (кроме места водителя)	Не регламентируется	Легковые автомобили, в том числе повышенной проходимости
M2	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	До 5,0	Автобусы: городские, кл. 1, междугородные, кл. II, туристические, кл. III
M3	АТС, используемые для перевозки пассажиров и имеющие более 8 мест (кроме места водителя)	Свыше 5,0	Автобусы: городские, кл. 1, междугородные, кл. II, туристические, кл. III, в том числе сочлененные
M2 и M3	Отдельно выделяются маломестные АТС, предназначенные для перевозки пассажиров, вместимостью не более 22 сидящих или стоящих пассажиров (кроме места водителя)	Не регламентируется	Автобусы маломестные: - для стоящих и сидящих пассажиров, кл. А; - для сидящих пассажиров, кл. В; - в том числе повышенной проходимости
N1	АТС, предназначенные для перевозки грузов	До 3,5	Грузовые, специализированные и специальные автомобили, в том числе повышенной проходимости
N2	АТС, предназначенные для перевозки грузов	Свыше 3,5 до 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специализированные и специальные автомобили, в том числе повышенной проходимости
N3	АТС, предназначенные для перевозки грузов	Свыше 12,0	Грузовые автомобили, автомобили-тягачи, специализированные и специальные автомобили, в том числе повышенной проходимости
O1	АТС, буксируемые для перевозки	До 0,75	Прицепы
O2	АТС, буксируемые для перевозки	Свыше 0,75 до 3,5	Прицепы и полуприцепы
O3	АТС, буксируемые для перевозки	Свыше 3,5 до 10,0	Прицепы и полуприцепы
O4	АТС, буксируемые для перевозки	Свыше 10,0	Прицепы и полуприцепы

Испытания на беговых барабанах проводятся по ездовым циклам, имитирующим режимы работы ДВС в условиях реальной эксплуатации АТС. Процедура испытаний включает три различных цикла: **ESC** и **ETC**, предназначенных для определения газообразных и аэрозольных выбросов (частицы) **BB**, и **ELR** – для определения дымности (оптической плотности) **ОГ**. Т.к. источником выбросов **BB** является ДВС, испытание его на моторном стенде более предпочтительно (если иное не оговорено в соответствующих стандартах), поскольку этот вид испытаний более точен и менее дорог. Испытания проводятся по циклам, состоящим из нескольких режимов. При оценке дымности **ОГ** применяют установившиеся и переходные режимы. В числе скоростных режимов всегда присутствуют номинальный и промежуточный.

Нормативные значения выбросов **BB** представлены в Правилах в удельных единицах ($\text{г/кВт}\cdot\text{ч}$). В тоже время, при испытаниях результаты получают в млн^{-1} или в процентах. Перерасчет производится на основании данных как по концентрации **BB** в **ОГ**, так и данных по действительным расходам воздуха и топлива, мощности двигателя, коэффициента весоности режимов, параметрам **ОС** (барометрическое давление, температура, относительная влажность). Все данные, кроме последних, на каждом из режимов входящих в состав испытательного цикла, имеют свои значения.

Коэффициент весоности (**Кв**) определяет долю времени, которая затрачивается двигателем для работы на данном режиме в условиях эксплуатации относительно всего времени, принятого за единицу. Принятие разных значений **Кв** обуславливается наличием особенностей, присущей каждой стране: географическое положение (север, юг и т.д.), выращиваемые культуры, плотность населения, развитость транспортных магистралей, количество транспортных средств и т.д.

Согласно ГОСТ17.2.2.05-97 (Нормы и методы определения **BB** с **ОГ** дизелей тракторов), правила обработки результатов испытаний следующие. Вначале рассчитываются массовые выбросы **BB**, г/ч :

$$G_{\text{NO}_x} = 0,001587 W_{\text{NO}_x} \cdot F_{\text{NO}_x} \cdot G_{\text{ОГ}}; \quad (1)$$

$$G_{\text{CO}} = 0,000966 W_{\text{CO}} \cdot F_{\text{CO}} \cdot G_{\text{ОГ}}; \quad (2)$$

$$G_{\text{CH}} = K_x \cdot F_{\text{CH}} \cdot W_{\text{CH}} \cdot G_{\text{ОГ}}, \quad (3)$$

где W_{NO_x} , W_{CO} , W_{CH} - измеренные при испытании на конкретном режиме объемные концентрации оксидов азота, оксида углерода и суммарных углеводородов (в перерасчете на условный состав топлива $\text{C}_1\text{H}_{1,85}$) в **ОГ**, млн^{-1} ;

F_{NO_x} и F_{CO} – поправочные коэффициенты на влажность для оксидов азота и оксида углерода, которые рассчитываются по формулам (5) и (6);

F_{CH} – коэффициент, равный 0,000478 для дизелей и 0,000485 для двигателей с принудительным воспламенением;

K_x – коэффициент, учитывающий метод химического анализа содержания углеводородов ($K_x = 1$ при пламенно-ионизационном методе и $K_x = 2$ при инфракрасном методе в связи с избирательным определением углеводородов);

G_{OG} – часовой расход ОГ на режиме, определяемый как сумма часовых расходов топлива G_T и воздуха G_B , кг/ч

$$G_{OG} = G_T + G_B; \quad (4)$$

$$F_{NOx} = [1 + (0,044 G_T / G_B - 0,0038)(7 \varphi_{абс} - 75) + 1,8(0,0053 - 0,116 G_T / G_B)(T_{ВН} - 302)] - 1; \quad (5)$$

$$F_{CO} = 1 - 1,85 G_T / G_B, \quad (6)$$

где $\varphi_{абс}$ – абсолютная влажность воздуха на входе в устройство для измерения расхода воздуха, рассчитанная по формуле, г_{H2O}/кг

$$\varphi_{абс} = 6,21 \varphi_{окр} \cdot p_s / (P_{окр} - 0,01 \varphi_{окр} \cdot p_s),$$

где $\varphi_{окр}$ – относительная влажность воздуха на входе в тоже устройство, %;

p_s – парциальное давление насыщенного водяного пара при температуре воздуха на входе в тоже устройство или на входе во впускной коллектор;

$P_{окр}$ – барометрическое давление, кПа.

Удельные выбросы оксидов азота g_{NOx} , оксида углерода g_{CO} и суммарных углеводородов g_{CH} рассчитывают по формулам, г/кВт*ч:

$$g_{NOx} = \frac{\sum(G_{NOx} \cdot K_B)}{\sum(Ne \cdot K_B)}; \quad (7)$$

$$g_{CO} = \frac{\sum(G_{CO} \cdot K_B)}{\sum(Ne \cdot K_B)}; \quad (8)$$

$$g_{CH} = \frac{\sum(G_{CH} \cdot K_B)}{\sum(Ne \cdot K_B)}, \quad (9)$$

где G_{NOx} , G_{CO} , G_{CH} – массовые выбросы в г/ч, определяемые по (1), (2) и (3) на каждом режиме;

K_B – коэффициент весомости каждого режима;

N_e – эффективная мощность на каждом режиме.

ГОСТ17.2.2.05 предусматривает определение выбросов на каждом из 13-ти нижеприведенных режимах (табл.2.3).

Таблица 2.3

Частота вращения	Режимы испытаний	
	Крутящий момент: % крутящего момента при полной подаче топ- лива на данном скоро- стном режиме	Коэффициент весомости режима, K_B
1. Минимальная устойчи- чивая	0	0,0833
2. Соответствующая максимальному крутя- щему моменту	10	0,0800
3. То же	25	0,0800
4. То же	50	0,0800
5. То же	75	0,0800
6. То же	100	0,2501
7. Минимальная устой- чивая	0	0,0833
8. Номинальная	100	0,1000
9. То же	75	0,0200
10. То же	50	0,0200
11. То же	25	0,0200
12. То же	10	0,0200
13. Минимальная ус- тойчивая	0	0,0833

Значения удельных выбросов вновь изготовленных и капитально отре-
монтированных дизелей тракторов не должны превышать норм, приведенных
в табл.2.4, а находящихся в эксплуатации - в табл.2.5.

Таблица 2.4

Удельные выбросы новых дизелей тракторов

Наименование ВВ	Удельные выбросы г/кВт*ч, при воздухообмене	
	неограниченном	ограниченном
Оксид азота, g_{NOx}	18,0	9,0
Оксид углерода, g_{CO}	10,0	4,0
Углеводороды, g_{CH}	3,0	1,5

Удельные выбросы находящихся в эксплуатации тракторов

Наименование ВВ	Удельные выбросы г/кВт*ч, при воздухообмене	
	неограниченном	ограниченном
Оксид азота, g_{NOx}	18,0	9,0
Оксид углерода, g_{CO}	14,0	5,6
Углеводороды, g_{CH}	4,5	2,2

2.3. ОБРАЗОВАНИЕ И РАЗЛОЖЕНИЕ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Процесс сгорания топлива в ДВС протекает очень быстро. Реакции сгорания углеводородов в камере сгорания двигателя являются весьма сложными и при этом недостаточно изученными. Известно, что реакции сгорания углеводородов относятся к типу цепных реакций с разветвлениями, при которых большое значение имеют цепи, образуемые от основной цепи. Характер протекания реакций зависит от температуры и давления в камере сгорания, от способа образования рабочей смеси и способа ее воспламенения.

В соответствии с теорией цепной реакции, в период химической подготовки топлива к воспламенению некоторые молекулы углеводородов подвергаются распаду и при этом выделяются весьма активные (и неустойчивые) радикалы воспламенения, которые, взаимодействуя с молекулами кислорода, образуют органические перекиси и альдегиды. В момент, когда концентрация этих продуктов реакции достигает критической величины, происходит их взрывной распад и начинается цепь реакций сгорания. В момент перед возникновением пламени наблюдается резкий прирост C_2H_2 и H_2 . Одновременно накапливаются соединения CO , CO_2 , H_2O и углерод. После воспламенения образуется окись углерода, ненасыщенные углеводороды и углерод. Дальнейшие преобразования этих компонентов зависят от продолжительности реакции, газодинамических условий, а также от явлений, сопутствующих процессу газообмена в камере сгорания.

В составе ОГ автомобильных двигателей присутствуют углеводороды, образующиеся двумя путями: в результате реакций цепочно-теплового взрыва (пиролиза, синтеза), когда образуются полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), альдегиды, кетоны, фенолы; в результате неполного сгорания топлива. Несгоревшие углеводороды остаются в зазорах, которые малы для распространения пламени (между поршнем и стенкой цилиндра, над первым поршневым кольцом, вокруг клапанов), а также в "замороженных" слоях у стенок цилиндра и переобогащенных зонах пространства камеры сгорания, где происходит пиролиз. Рост количества несгоревших углеводородов наблюдается и при работе двигателя на переобогащенных смесях из-за гашения пламени или пропуска зажигания.

Как говорилось выше, конечной стадией сгорания углеводородов является реакция дожигания оксида углерода, в действительности начинающаяся уже в ранней стадии сгорания. Когда действительное топливовоздушное со-

отношение смеси, поступающей в ДВС, выше стехиометрического, то такая смесь обладает избытком воздуха и называется "бедной". Наоборот, когда действительное соотношение ниже стехиометрического, сгорание топлива неполное и смесь "богатая". В этом случае в ОГ будут содержаться продукты неполного сгорания, основным из которых является СО. Однако даже при сгорании бедных смесей со значительным избытком воздуха (дизеля) вследствие локальных различий в составе смеси образуется СО. Основная доля оксида углерода, образующегося в процессе окисления топлива, догорает по цепному механизму в диоксид углерода. Экспериментально установлено, что окисление СО в СО₂ происходит и в выпускном коллекторе. Системы нейтрализации ОГ призваны способствовать этому процессу с максимальной эффективностью. Но СО₂, хотя и нетоксичное соединение, является основной причиной возникновения "парникового эффекта", поэтому в последнее время ограничению выброса данного компонента уделяется также большое внимание.

Некоторую часть несгоревших углеводородов топлива и моторного масла с высокими температурами испарения, в соответствии с принятыми в США и Западной Европе нормами, относят к твердым частицам. Твердые частицы с ОГ типичного дизеля с наддувом состоят на 68...75% из нерастворимых частиц и на 25...32% - из растворимых. Сажа (твердый углерод) является основным компонентом нерастворимых твердых частиц. Различают несколько стадий формирования сажи в процессе сгорания:

- образование зародышей, их рост до первичных частиц (кристаллитов - шестиугольных пластинок графита);
- коагуляция (слипание) до развитых конгломератов;
- выгорание сложных образований.

На первых двух этапах этой цепи физико-химических превращений, приводящих к появлению первичных частиц, происходят процессы пиролиза (крекинга), гидрогенизации и дегидрогенизации (присоединения или отнятия водорода от промежуточных продуктов); полимеризации (соединение мономеров в полимер); конденсации (присоединение двух и более молекул к первичной с образованием частиц третьего типа). Выделение сажи из пламени происходит в диапазоне коэффициентов избытка воздуха 0,33...0,7. При наличии в отрегулированных двигателях с внешним смесеобразованием и искровым зажиганием (бензиновых, газовых) практически гомогенной рабочей смеси вероятность появления таких обогащенных зон незначительна. Нет условий для роста и коагуляции первичных частиц, так как высокая температура рабочего тела после прохождения горячего пламени способствует интенсивному выгоранию образовавшейся сажи. У дизелей локальные переобогащенные топливом зоны образуются чаще, и в полной мере реализуются перечисленные выше процессы сажеобразования. Поэтому значения выбросов сажи с ОГ дизелей являются на порядок большими, чем у двигателей с искровым зажиганием. В состав твердых частиц кроме сажи входят соединения серы и свинца. Сера, содержащаяся в моторном топливе, во время горения интенсивно окисляется до SO₂ и далее (с существенно меньшей скоростью) в

SO₃. Затем наиболее вероятной является реакция SO₃ с парами воды, приводящая к образованию серной кислоты, которая интенсивно протекает на стенках камеры сгорания, в выпускной системе и в атмосфере. Свинец в составе твердых частиц (при использовании этилированных бензинов) присутствует в виде галогенидов свинца и соединений галогенидов аммония и свинца, которые образуются по сходному с образованием сажи механизму.

В продуктах сгорания двигателей могут одновременно присутствовать шесть соединений азота с кислородом: N₂O, NO, N₂O₃, NO₂, N₂O₄, N₂O₅. При реализации в тепловых двигателях рабочего процесса с максимальными температурами цикла порядка 1500...2500°С преобладающим в выбросах из окислов азота становится оксид NO (99% в двигателях с искровым зажиганием и более 90% в дизелях). Считается, что в процессе горения оксид азота может образовываться следующими путями:

- при высокотемпературном окислении азота воздуха (термический оксид азота);
- в результате низкотемпературного окисления азотосодержащих соединений моторного топлива (топливный оксид азота);
- вследствие столкновения углеводородных радикалов с молекулами азота в зоне реакций горения при наличии пульсаций температуры (быстрый оксид азота).

Основными условиями образования оксидов азота являются высокая температура и наличие свободного кислорода, т.е. такие условия, которые необходимо создать для уменьшения выбросов CO, C_nH_m и сажи.

2.4. СНИЖЕНИЕ ТОКСИЧНОСТИ ОТРАБОТАВШИХ ГАЗОВ

В этом разделе необходимо ознакомиться с методами снижения токсичности ОГ, которое возможно как в процессе их образования, так и за счет определенного воздействия на ВВ по завершению рабочего процесса. В последнем случае применяют дополнительные устройства - нейтрализаторы и сажевые фильтры. Изучение систем нейтрализации и их составных элементов следует проводить по рекомендуемой литературе.

Снижение токсичности ОГ в процессе их образования достигается за счет применения различных методов оптимизации рабочего процесса. Среди них можно выделить:

- оптимизация смесеобразования и сгорания;
- интенсификация и подбор законов топливоподачи;
- разработка рациональных регулировок топливной аппаратуры;
- повышение эффективности сгорания на минимальной частоте холостого хода и частичных скоростных режимах;
- равномерное распределение топлива по цилиндрам;
- поиск рациональных фаз газораспределения, степени сжатия и их регулировка;
- обеднение смеси у двигателей с искровым зажиганием;
- промежуточное охлаждение наддувочного воздуха;
- оптимизация характеристик переходных процессов;

- широкое применение электронных систем, позволяющих не только контролировать и обеспечивать оптимальное протекание рабочего процесса, но и контролировать работоспособность систем нейтрализации ОГ;
- оптимизация эксплуатационных регулировок;
- использование “холодной” рециркуляции ОГ;
- разработка альтернативных двигателей и топлив;
- широкое применение водорода в качестве основного топлива или как добавка к нему.

Проведенные конструктивные и регулировочные мероприятия не дали ожидаемого результата и уже для выполнения норм ЕВРО-4 потребовалось применение систем нейтрализации ОГ для всех типов ДВС. Нейтрализация токсичных компонентов отработавших газов с использованием химических реакций окисления и (или) восстановления является наиболее эффективным способом снижения токсичности ОГ при современном уровне развития техники. С этой целью в выпускную систему двигателя устанавливают специальный термический реактор (нейтрализатор).

При отсутствии катализаторов в нейтрализаторе полное преобразование оксида углерода и несгоревших углеводородов происходит в диапазоне температур от 700 до 850°С при условии избытка кислорода. Нейтрализовать окислы азота при этом невозможно, так как обязательным условием их восстановления является недостаток свободного кислорода. В присутствии катализаторов — веществ, активизирующих химические реакции, температура нейтрализации снижается и обеспечивается возможность преобразования всех токсичных компонентов.

2.4.1. Устройство нейтрализатора

Устройство простейшего нейтрализатора показано на рис.2.2. В штампованном корпусе 1, изготовленном из нержавеющей стали, расположен каталитический носитель 2 и эластичная термоизоляционная прокладка 3. Керамический носитель (рис.2.2,а) пронизан продольными порами-сотами, на поверхность которых нанесен активный каталитический слой. Поры образуют множество тонких каналов для пропуска отработавших газов. Благодаря специальной подложке толщиной 20...60 микрометров с развитым микро-рельефом общая площадь поверхности этого слоя может достигать до 20000 м². Масса катализаторов, нанесенных на эту площадь, составляет всего 2...3 г. Для уменьшения габаритов керамической детали и снижения термических напряжений в ней носитель из такого материала часто изготавливается составным.

В нейтрализаторах применяют и металлический носитель (рис.2.2,б), который представляет собой тончайшие соты, изготовленные из гофрированной фольги. Это позволяет увеличить площадь рабочей поверхности по сравнению с керамическим носителем, снизить сопротивление движению газов и ускорить разогрев блока до рабочей температуры

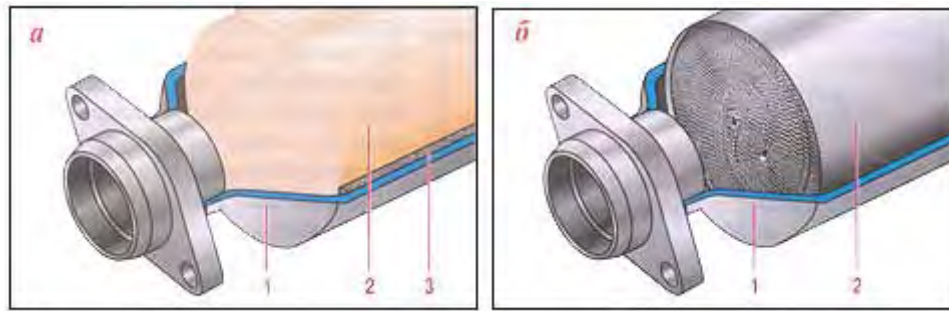


Рис. 2.2. Устройство автомобильного нейтрализатора отработавших газов: 1 – штампованный корпус из нержавеющей стали; 2 – каталитический носитель; 3 – эластичная термоизоляционная прокладка; а – керамический носитель; б – металлический носитель из гофрированной фольги

Каталитические нейтрализаторы имеют различные конструкции и используют каталитические блоки: насыпные, тоннельные, рулонные, сотовые и пористые проницаемые. Фирмы Германии устанавливают на автомобили нейтрализаторы с пористыми каталитическими блоками из вспененного металла, покрытого катализаторами. Фирмы Японии устанавливают металлокерамические блоки в нейтрализаторы тоннельного и сотового типов. Ряд фирм США, Канады, Европы разрабатывают и приступили к установке пористых проницаемых каталитических блоков.

2.4.2. Нейтрализаторы для бензиновых двигателей

Окислительные каталитические нейтрализаторы дожигают в присутствии платины и избытке кислорода оксид углерода и углеводороды (рис.2.3). Недостаток заключается в том, что в этих условиях невозможно нейтрализовать оксиды азота.

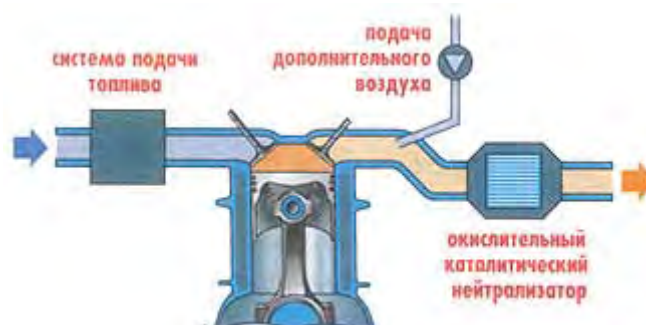


Рис. 2.3. Схема окислительной нейтрализации отработавших газов

Двухступенчатые нейтрализаторы применяют для преобразования всех трех токсичных компонентов. Они состоят из двух частей, установленных последовательно (рис.2.4). Первая ступень восстанавливает оксиды азота при дефиците кислорода, а вторая окисляет оксид углерода и углеводороды при принудительной подаче в нее воздуха. Двухсекционные нейтрализаторы

имеют относительно сложную конструкцию. Использование смесей с избытком топлива, что необходимо для восстановления окислов азота, приводит к повышенному расходу топлива.

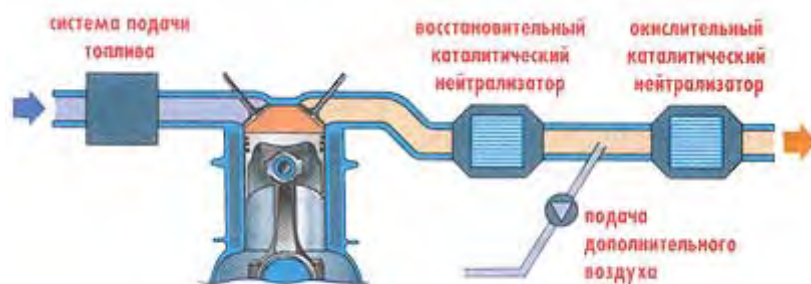


Рис. 2.4. Схема двухступенчатой нейтрализации отработавших газов

Трехкомпонентные нейтрализаторы (рис.2.5) способны одновременно поддерживать реакции окисления и восстановления токсичных компонентов, содержащихся в отработавших газах. В качестве катализаторов для преобразования оксидов азота в азот применяют платину и родий. Для снижения температуры дожигания оксида углерода и углеводородов, кроме платины, иногда используют рутений. Реакции нейтрализации в присутствии катализаторов начинаются при температуре 250°С и достигают наибольшей эффективности в диапазоне температур от 400 до 800°С.



Рис. 2.5. Схема трехкомпонентной нейтрализации отработавших газов

Для обеспечения работы трехкомпонентного нейтрализатора необходим стехиометрический состав топливовоздушной смеси. При этом на 1кг топлива должно подаваться 14,7—14,9кг воздуха, что обеспечивает наиболее полное сгорание

2.4.3. Нейтрализаторы для дизелей

Дизель не восприимчив к восстановительным каталитическим нейтрализаторам, поскольку в ОГ всегда присутствует избыточный кислород, препятствующий процессу химического восстановления оксидов азота. В связи с чем на нем применяют не трехкомпонентные каталитические нейтрализаторы, а окислительные нейтрализаторы, системы рециркуляции ОГ, сажевые

фильтры и дополнительные системы. Каталитические нейтрализаторы в этом случае не требуют подачи дополнительного воздуха, поскольку дизели работают на очень бедных смесях и в ОГ всегда присутствует свободный кислород. Концентрация продуктов неполного сгорания в отработавших газах значительно ниже, чем в бензиновом двигателе.

В настоящее время сформировалось два основных подхода к решению задачи снижения выбросов вредных веществ: использование так называемого селективного нейтрализатора оксидов азота (SCR), а также дальнейшее совершенствование уже используемой на большей части двигателей системы рециркуляции ОГ (EGR).

Рециркуляция ОГ (РОГ) – это процесс перепуска части ОГ во впускную систему. Добавление ОГ в воздушный заряд приводит к уменьшению содержания в нем кислорода, что влечет за собой снижение температуры продуктов сгорания за фронтом пламени и, следовательно, уменьшение интенсивности образования NO_x . Кроме того, входящие в состав ОГ диоксид углерода (CO_2) и водяные пары (H_2O) имеют большую по сравнению с воздухом теплоемкость. В результате этого снижаются локальные и средние температуры рабочего цикла, что в свою очередь приводит к снижению количества образующихся NO_x . При рециркуляции ОГ на впуск можно подавать как не охлажденные так и охлажденные ОГ. Использование “холодной” рециркуляции более предпочтительно, так как при этом улучшается наполнение цилиндров воздушным зарядом, и снижаются температуры рабочего тела в процессе сгорания.

При использовании рециркуляции ОГ достигается снижение уровня выбросов NO_x на 17% при некотором увеличении уровня выброса твердых частиц. На рис.2.6 показана одна из возможных схем РОГ с промежуточным охлаждением, как надувочного воздуха, так и рециркулирующих ОГ.

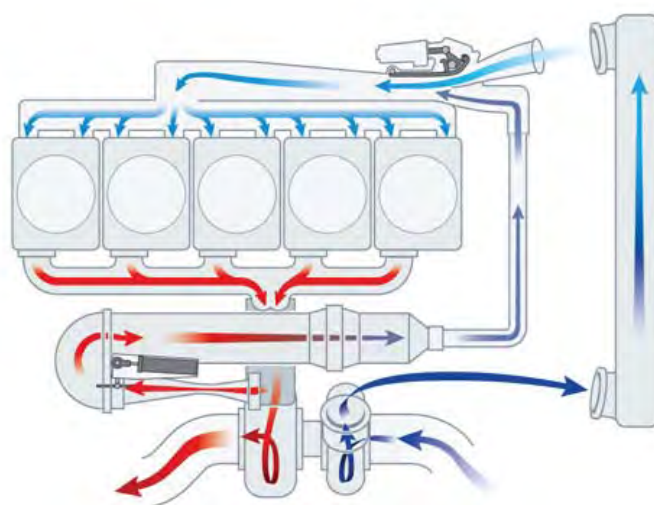


Рис. 2.6. Система РОГ

При этом использование системы РОГ, как средство воздействия на рабочий процесс, с точки зрения его эффективности, не носил позитивного ха-

рактера, т.к. требовалось обязательное уменьшение угла опережения впрыска топлива. То и другое неизбежно приводит к ухудшению параметров рабочего процесса, а значит, к увеличению расхода топлива, уменьшению эффективной мощности двигателя и увеличению выброса частиц. Другие меры, например увеличение давления впрыска топлива или промежуточное охлаждение наддувочного воздуха, позволяли в той или иной степени компенсировать вышеуказанные недостатки и в целом обеспечивать приемлемые для потребителя параметры двигателей (эффективная мощность и топливная экономичность). С введением требований уровня «Евро-4» большинство производителей пришло к заключению, что решить проблему снижения выбросов вредных веществ (главным образом оксидов азота) воздействием только на рабочий процесс двигателя вряд ли удастся.

Большая часть европейских автопроизводителей, среди которых Mercedes-Benz, DAF, Iveco, Renault Trucks, Volvo Trucks и другие, для обеспечения требований «Евро-4/5» применяют систему SCR (Selective Catalytic Reduction).

SCR представляет собой каталитический нейтрализатор, в котором оксиды азота восстанавливаются до чистого азота и водяного пара. Для осуществления реакции в нейтрализатор непрерывно подается жидкий реагент, представляющий собой 32,5-процентный водный раствор мочевины (рис.2.7). SCR обеспечивает высокую степень нейтрализации оксидов азота, на уровне 80-90%. Подаваемый в нейтрализатор реагент широко известен под названием AdBlue. Применение SCR не ухудшает, по сравнению с методом рециркуляции ОГ, рабочий процесс двигателя. Более того, применение SCR, по имеющимся данным, позволяет улучшить топливную экономичность дизелей на 5–7%, по сравнению с двигателями уровня «Евро-3». Связано это с тем, что для достижения требований «Евро-3/4» производители двигателей, наряду с системой рециркуляции, были вынуждены жертвовать оптимальными настройками двигателя, смещая момент начала впрыска топлива.

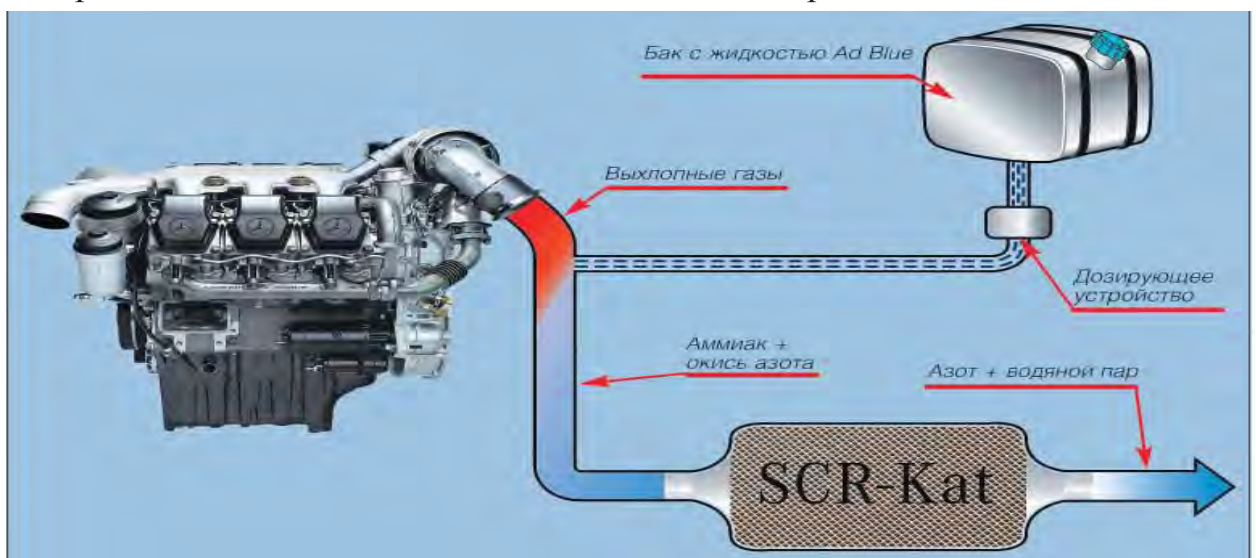


Рис. 2.7. Система SCR

Система SCR имеет и существенные недостатки. Главным из них является необходимость постоянного использования дополнительного реагента AdBlue. Указанное приводит к возрастанию эксплуатационных затрат, увеличению массы автомобиля (по имеющимся данным, на 50...100кг) и к необходимости организации инфраструктуры заправок. Кроме того, существенно затрудняется контроль реального экологического уровня АТС в эксплуатации т.к. отключение подачи AdBlue никак не сказывается на ходовых качествах автомобиля, зато токсичность ОГ ухудшается радикальным образом — до пограничного уровня, лежащего в интервале значений, принятых для «Евро-1» и «Евро-2». Ко всему прочему жидкость AdBlue замерзает уже при температуре минус 11,5°С, что заставляет производителей подвижного состава применять специальные системы подогрева реагента. Что касается эксплуатации автомобиля без реагента AdBlue, то можно сказать следующее. Согласно принятым в Европейском союзе требованиям, двигатели «Евро-4» и «Евро-5» должны оборудоваться специальными датчиками, которые в случае работы двигателя без реагента AdBlue или применения другой не санкционированной жидкости, автоматически, через систему управления двигателем, уменьшают максимальный крутящий момент на 40%.

На выпуске дизеля присутствуют не только газообразные вещества, но и твердые образования, размеры которых соизмеримы с размерами частиц пыли. Эти образования, получившие общее название "частицы" (Partikel), считаются вредными для здоровья людей и загрязняющими среду обитания. При нормировании выброса твердых частиц их количество может быть ограничено в значительно больших пределах, чем при ограничении дымности, под которой понимается оптическая плотность ОГ, позволяющая оценивать только такое количество твердых частиц, которое делает отработавшие газы видимыми. Дизельная сажа не является чистым углеродом и содержит водород, кислород, летучие, зольные, коксовые соединения. Из чистого углерода состоит только ядро частицы (рис.2.8). Кроме того, твердые частицы сажи являются абсорбентом для полициклических ароматических углеводородов (ПАУ), часть из которых обладает канцерогенными свойствами. Конкретный состав частиц сажи зависит от применяемого в двигателе рабочего процесса, режимов его работы и состава топлива. В отработавших газах сажа находится в виде образований неправильной формы с линейными размерами от 0,3 до 100 мкм, зависящими от режима эксплуатации дизеля. Дизельная сажа склонна к образованию конгломератов, содержащих от сотен до тысяч частиц, отличающихся значительной прочностью (рис.2.9).

Удельная поверхность сажи значительна и может достигать 300 м²/г, а ее плотность довольно низка – 0,05 г/см³. Измерения размеров этих частиц показали, что их распределение по величине практически не зависит от способа смесеобразования, т.е. оно очень близко у двигателей с вихревой камерой сгорания и у двигателей с непосредственным впрыском посредством системы Common Rail или насос-форсунок.

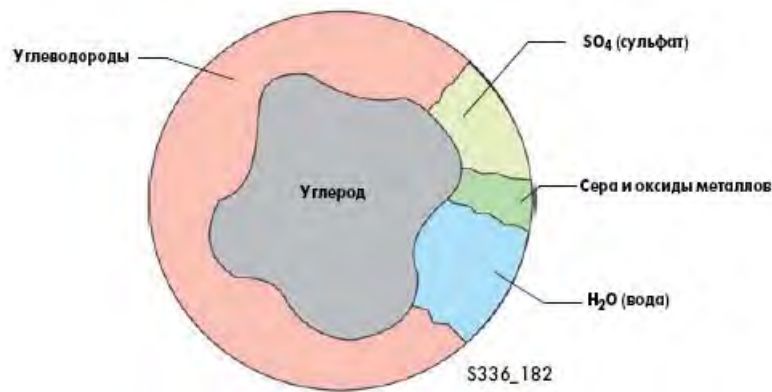


Рис. 2.8 Условное изображение твердой частицы

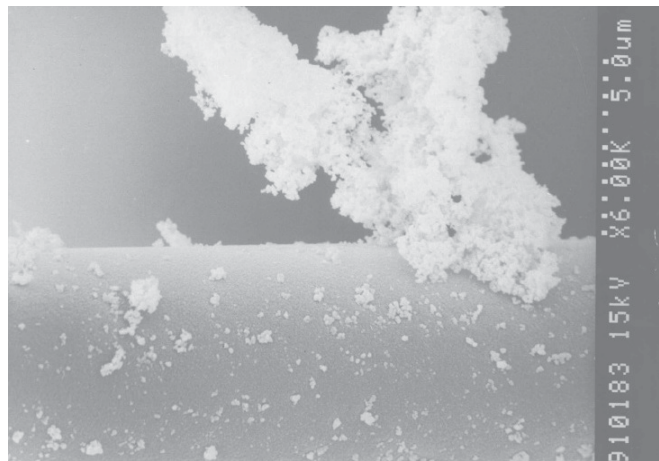


Рис. 2.9. Сажа дизельного двигателя

Одним из эффективных способов очистки газов от сажевых частиц является их улавливание посредством специальных фильтров. Сажевый фильтр с каталитическим покрытием устанавливается после турбокомпрессора в непосредственной близости от двигателя. В последнее время применяется сажевый фильтр с каталитическим покрытием, который конструктивно объединен с нейтрализатором окислительного типа. Сажевый фильтр задерживает содержащиеся в ОГ частицы сажи, а функция нейтрализатора заключается в окислении углеводородов (СН) и оксида углерода (СО) до воды (Н₂О) и диоксида углерода (СО₂). Таким образом, имеющий общий корпус агрегат выполняет функции, как фильтра, так и нейтрализатора. Впервые сажевый фильтр был применен в Калифорнии на легковом автомобиле в 1985г.

Матрица сажевого фильтра заключена в металлический корпус и представляет собою ячеистую структуру из керамики на базе карбида кремния. Пористый материал фильтра обладает достаточной механической прочностью, стойкостью к агрессивным химическим веществам, сопротивлением к оплавлению и образованию трещин при тепловых воздействиях, а также термической стабильностью. Он пронизан множеством параллельно расположенных каналов малого сечения, закрытых попеременно с одной или другой стороны. Поэтому различают впускные и выпускные каналы, разделенные между собой фильтрующими стенками из пористого карбида кремния. По-

следние покрыты смесью оксидов алюминия и церия, выполняющих функцию подложки для катализатора, в качестве которого используется платина. Каталитическое покрытие распределено по длине фильтра не равномерно, а по зонам. В передней зоне платины значительно больше, чем в задней.

Так как каналы фильтра закрыты попеременно со стороны впуска и выпуска, содержащие частицы сажи газы вынуждены проходить через пористые стенки из карбида кремния. При этом частицы сажи задерживаются во впускных каналах, а газ свободно проходит через поры стенок каналов. Чтобы предотвратить чрезмерное повышение сопротивления фильтра и снижение его работоспособности, необходимо время от времени освобождать его от сажи за счет регенерации фильтра. В процессе регенерации, накопленные в фильтре частицы сажи, выжигаются (окисляются). Различают два вида регенерации сажевых фильтров:

- с применением присадок к дизельному топливу;
- с применением каталитического покрытия фильтрующего элемента.

В свою очередь, для фильтров с каталитическим покрытием различают активную и пассивную регенерацию, которые протекают в автоматическом режиме без участия водителя и незаметно для него. При пассивной регенерации выжигание сажи производится непрерывно и без специального вмешательства в управление двигателем. При активной регенерации частицы сажи выжигаются в условиях высоких температур, получаемых в результате направленного управления двигателем. Процесс активной регенерации длится приблизительно 10 минут. При этом температура ОГ повышается до 600...650°C, что достаточно для окисления сажи до диоксида углерода.

2.5. АНАЛИТИЧЕСКИЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Состав ОГ определяется особенностями процессов топливоподачи, смесеобразования, испарения, горения, сжатия и расширения. Каждый из компонентов ОГ имеет свои особенности протекания физических и химических процессов образования и разложения. Зная состав ОГ, можно с высокой степенью достоверности проанализировать характер процесса горения. При этом состав ОГ более чувствителен, чем удельный эффективный расход топлива, так же являющимся характеристикой процесса горения, но параметром интегральным, не определяющим пути совершенствования процесса горения.

В то же время, например, эмиссия СН характеризует величину зон гашения пламени и количество топлива, вообще не участвующего в горении, Эмиссия СО – количество неполностью прореагировавшего топлива в связи с недостатком кислорода в зоне окисления, эмиссия сажи – количество топлива, не участвующего в процессе горения в связи с тем, что оно не перешло из жидкого состояния в газообразное и не имело контакта с кислородом, но под действием высокой температуры подверглась реакции крекинга, NO_x – объем зоны продуктов сгорания с высокими температурами (не менее 2000°C).

В связи с этим возможны анализ протекания рабочего процесса и определение целенаправленного воздействия на процессы топливоподачи, смесеобразования и сгорания. При этом необходимо учитывать не только абсолютные значения концентраций ВВ в ОГ, но и характер их изменения в зависимости от режима работы или регулировок. Например, снижение эмиссии NOx при повышении нагрузки характеризует момент резкого ухудшения смесеобразования, приводящего как к снижению температуры в зоне горения в связи с интенсификацией процесса сажеобразования, так и к недостатку кислорода в зоне продуктов сгорания.

В ряде случаев целесообразно проанализировать изменение интегрального показателя неполноты сгорания топлива H_f , учитывающего потери теплоты на основании эмиссии CH, CO и сажи. Как правило, снижение эмиссии одних ВВ, вызывает повышение эмиссии других.

Параметр H_f учитывает механическую неполноту сгорания топлива Q_m , обусловленную сажесодержанием в ОГ, и химическую неполноту сгорания топлива Q_x , зависящую от содержания в ОГ газообразных продуктов неполного сгорания CO и CH:

$$Q_m = V_B \cdot W_C \cdot Q_C, \quad (10)$$

$$Q_x = V_B \cdot (Q_{CO} \cdot W_{CO} + Q_{CH} \cdot W_{CH}), \quad (11)$$

где V_B – объемный расход ОГ, приравниваемый к объемному расходу воздуха;

W_C, W_{CO}, W_{CH} – концентрации сажи, оксида углерода и суммарных углеводородов в ОГ;

Q_C, Q_{CO}, Q_{CH} – теплотворность сажи, оксида углерода и суммарных углеводородов.

Коэффициент неполноты сгорания определяется

$$H_f = (Q_m / Q_T + Q_x / Q_T) \cdot 100\%, \quad (12)$$

где Q_T – теоретическая теплотворная способность топлива

$$Q_T = G_T \cdot H_U, \quad (13)$$

где G_T – часовой расход топлива;

H_U – низшая теплотворная способность топлива.

Параметр H_f позволяет произвести оценку целесообразности проводимых мероприятий. На рис.2.10 представлены данные оценки изменения параметра H_f в зависимости от скоростного режима.

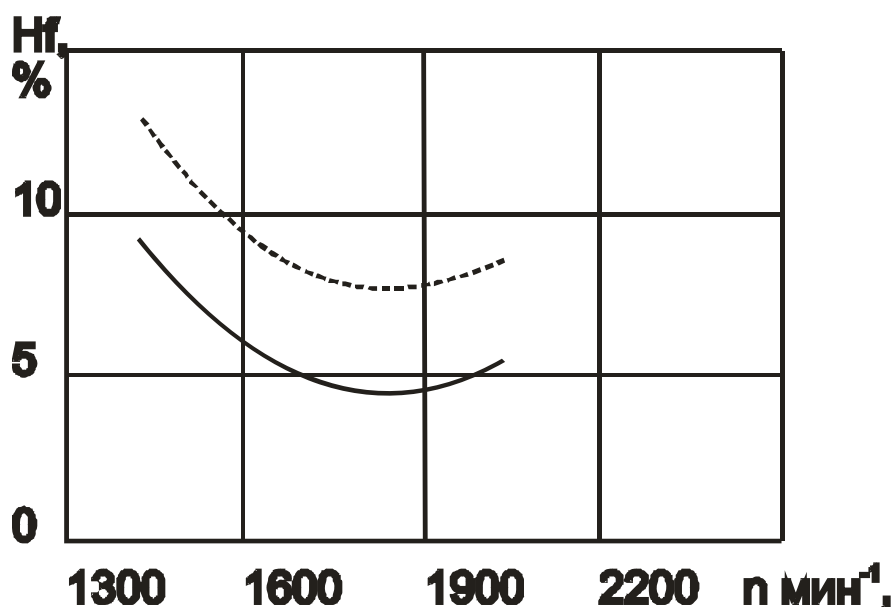


Рис. 2.10. Зависимость коэффициента неполноты сгорания топлива от скоростного режима безнаддувного дизеля

Как видно, форсировка дизеля по скоростному режиму свыше 1900...2000 мин $^{-1}$ приводит к росту недогорания топлива (для данной конкретной конструкции). При необходимости увеличения скоростного режима необходимо будет решить проблемы с изменением конструкции деталей, влияющих на характеристики рабочего процесса (газообмен, топливopодача, КС). То же самое можно сказать об оценке форсировки дизеля по цикловой подаче (рис.2.11).

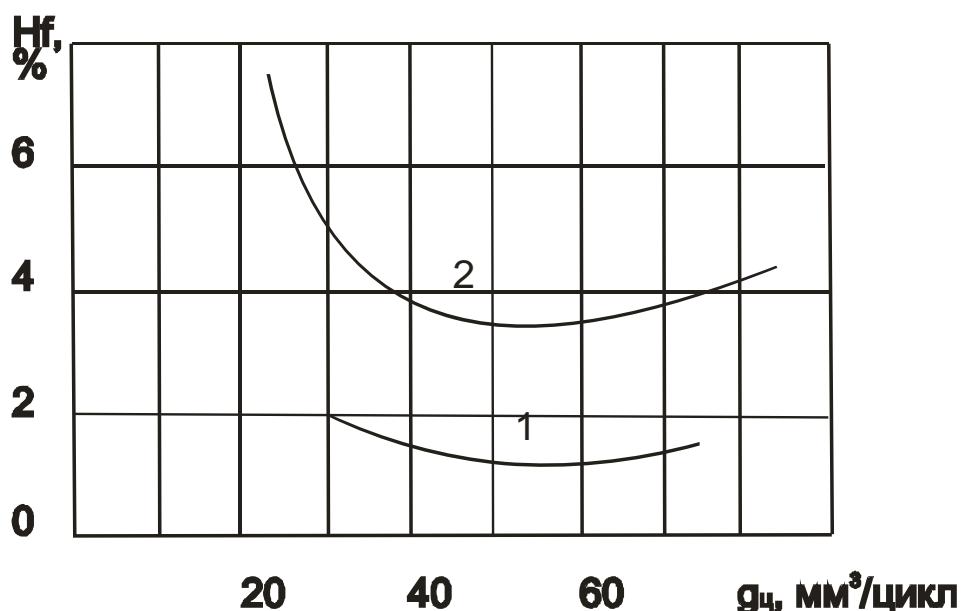


Рис. 2.11. Изменение коэффициента неполноты сгорания топлива от цикловой подачи тракторного дизеля с наддувом:
1 – $n = 2000$ мин $^{-1}$; 2 – $n = 1400$ мин $^{-1}$

Видно, что оптимальная организация рабочего процесса по параметру полноты сгорания обеспечивается при цикловых подачах 40...60мм 3 /цикл как

для номинального скоростного режима, так и для режима $M_{кр.мах}$. Попытки увеличения цикловой подачи топлива для повышения мощности, сталкиваются с необходимостью решения проблемы с увеличением эмиссии продуктов неполного сгорания.

Достаточно информативным параметром является показатель коэффициента избытка воздуха, рассчитанного по составу ОГ – $\alpha_{ог}$. Данная величина, учитывающая концентрацию в ОГ CO_2 , CO , O_2 , а также молекулярный состав топлива, характеризует количество воздуха, действительно участвующего в горении, в отличие от коэффициента избытка воздуха α , рассчитанного на основании прямого измерения расходов воздуха и топлива

$$\alpha_{ог} = 1 + (O_2 - 0,5CO) / ((CO_2 + 0,5CO)(1 + \beta / 0,791)), \quad (14)$$

где O_2 , CO , CO_2 – концентрация кислорода, оксида углерода и диоксида углерода в ОГ;

β – показатель Бунтэ, учитывающий молекулярный состав топлива:

$$\beta = 2,37(H_T - O_T) / C_T, \quad (15)$$

где H_T , O_T , C_T – мольные доли водорода, кислорода и углерода в топливе.

Приведенная формула приемлема для топлив с малым содержанием серы и азота.

Следует знать, что в условиях производства ДВС имеется естественный разброс его показателей (разные действительные размеры и шероховатости обработки одноименных деталей, случайные отклонения и т.д.). Поэтому необходимо базироваться на результатах испытаний нескольких образцов однотипных ДВС.

2.6. КОНТРОЛЬНАЯ РАБОТА

Каждый студент должен выполнить контрольную работу по теме предложенной преподавателем. Контрольная работа состоит из пояснительной записки, состав, содержание и объем которой должны полностью раскрывать тему. Материал записки должен быть изложен технически грамотно, четко и сжато.

Пояснительная записка пишется от руки чернилами или шариковой ручкой на одной стороне листа писчей бумаги или печатается на ПЭВМ. Листы пояснительной записки должны иметь сквозную нумерацию. Формат листа пояснительной записки А4 (210x297)мм. Поля: правое не менее 5 мм, левое не менее 20 мм. Оформление пояснительной записки должно удовлетворять требованиям на оформление отчёта о научно-исследовательской работе (ГОСТ 7.32-03 или ИСО 5966-92).

Пояснительная записка должна быть сброшюрована, иметь обложку и титульный лист. На титульном листе отчета указывается:

- наименование учебного заведения и кафедры;
- номер учебной группы;
- тема контрольной работы;
- наименование дисциплины, по которому выполняется работа;
- фамилии и инициалы исполнителя (студента) и руководителя (преподавателя).

Записка должна содержать необходимые иллюстрации, список использованных источников, включая электронные, и содержание.

Мини-словарь экологических терминов

Абсорбция (лат. *absorptio* ← *absorbere* — «поглощать»)

Избирательный процесс поглощения паров или газов из парогазовых смесей жидким поглотителем, называемым абсорбентом. Абсорбция, как правило, означает поглощение газов в объёме жидкости или реже твёрдого тела. Поглощение твёрдым абсорбентом, например, водорода палладием, называют окклюзией. Для процесса поглощения молекул газа или жидкости поверхностью твёрдого тела в русском языке используется термин **адсорбция**.

Альтернативное топливо (Alternative Fuel)

Виды топлива (сжатый и сжиженный газ, биогаз, генераторный газ, продукты переработки биомассы, водоугольное топливо и другие), использование которого сокращает или замещает потребление энергетических ресурсов более дорогих и дефицитных видов.

Альтернативные источники энергии

Собирательное понятие, объединяющее любые источники энергии, при использовании которых существенно не загрязняется окружающая среда.

Антропогенные факторы

Совокупность факторов окружающей среды, обусловленных случайной или преднамеренной деятельностью человека за период его существования.

Белый дым отработавших газов

Дым отработавших газов двигателя автомобиля, окрашенность которого обусловлена содержанием частиц несгоревшего жидкого топлива или избыточного количества паров воды.

Бенз(а)пирен (Б.)

Соединение из группы полициклических ароматических углеводородов, широко распространенное канцерогенное вещество, присутствующее в газообразных отходах промышленности, выхлопах автомобилей, в табачном дыме, в продуктах сгорания пищи и др. До 40% выбросов Б. приходится на черную металлургию, 26% — бытовое отопление, 16% — химическую промышленность. Наиболее высокие концентрации Б. с превышением ПДК в 10...15 раз отмечены в городах с заводами по производству алюминия (Братск, Красноярск, Новокузнецк и др.). В 6...10 раз ПДК по Б. превышена в городах с предприятиями черной металлургии (Нижний Тагил, Магнитогорск, Челябинск) и в 3...5 раз — в городах с крупными предприятиями нефтехимии и нефтепереработки (Уфа, Пермь, Самара).

Биоаккумуляция

Характеристика присутствия химического вещества в живом организме, когда количество поглощенного этим организмом вещества больше количества выведенного вещества. Это приводит к увеличению концентрации вещества в тканях.

Биогаз (Б.)

Смесь газов, в которой преобладают метан (55...65%) и диоксид углерода (35...45%). Б. образуется в процессе анаэробного разложения навоза, соломы и других органических отходов. Как источник энергии Б. получается в специальных установках (метантенках), в которых сбраживается биомасса остатков продуктов растениеводства, животноводства, навоз, фекалии и т. д. Сельское хозяйство Индии на 20% обеспечивает себя энергией за счет небольших установок по получению Б., в Китае таких установок уже свыше 60 млн. Тонна навоза или другой биомассы, подвергаемой сбраживанию, дает 500м³ биогаза, что эквивалентно 350 л бензина. Органическая масса, оставшаяся после производства Б., является ценным удобрением, причем производство Б. возможно и из жидкого навоза животноводческих комплексов. Получение Б. экологически целесообразно и выгодно, так как позволяет снизить расходы на горючее или электроэнергию для работы фермы и дает возможность эффективно переработать бесподстилочный навоз, превратив его в органическое удобрение.

Биомасса

Любой органический материал, который может быть использован в качестве топлива - дерево, сухие растения, органические отходы.

Взвешенная пыль (В.п.)

Твердые частицы в воздухе, компонент загрязнения атмосферы. В.п. на 90% состоит из мелкодисперсной фракции, трудно улавливаемой пылеуловителями. В.п. может накапливаться в легких и представляет угрозу для здоровья человека. На частицах В.п. оседают такие опасные вещества, как тяжелые металлы и полициклические ароматические углеводороды (ПАУ), включая бенз(а)пирен. Опасное загрязнение вызывают частицы истирающихся автомобильных покрышек и асбеста. Воздух в квартире может загрязняться В.п. от старого поролон. Основными источниками В.п. в городах являются предприятия химического и топливно-энергетического комплексов и автотранспорт.

Воздух (В.)

Важный экологический ресурс. Из В. растения черпают диоксид углерода для фотосинтеза, подавляющее большинство организмов — кислород для дыхания, биологические азотфиксаторы — азот. Ни одна из этих составляющих В. не находится в дефиците и не является лимитирующим фактором. В. является средой, в которой проводят значительную часть жизни птицы,

насекомые и некоторые виды млекопитающих (летучие мыши). В современной биосфере В. является носителем целого ряда загрязняющих веществ, которые попадают в него в результате промышленного, транспортного, сельскохозяйственного и бытового загрязнения. Под влиянием хозяйственной деятельности человека в В. повышается концентрация диоксида углерода, что вызывает парниковый эффект; загрязнение В. оксидами азота и серы является причиной кислотных дождей.

Вредное воздействие на человека

Воздействие факторов среды обитания, создающее угрозу жизни или здоровью человека либо угрозу жизни или здоровью будущих поколений.

Вредные вещества

Вещества, содержащиеся в отработавших газах двигателей, оказывающие токсичное воздействие на окружающую среду.

Выбросы двигателя автомобиля (трактора)

Вещества, поступившие в атмосферу из двигателя: систем выпуска, питания топливом, смазки и вентиляции картера.

Гетерогенная система

Неоднородная физико-химическая система, состоящая из различных по физическим свойствам или химическому составу частей (различных фаз). Одна фаза Г. с. отделена от смежной с ней фазы физической поверхностью раздела, на которой скачком изменяется одно или несколько свойств системы (состав, плотность, температура, параметры кристаллической решётки, электрическое или магнитное поле и т.д.). Различие в свойствах отдельных фаз Г. с. позволяет осуществить, по крайней мере в принципе, их механическое разделение. Примеры Г. с.: вода и находящийся над ней водяной пар (различие в агрегатном состоянии), смесь двух различных кристаллических модификаций серы — ромбической и моноклинной; две несмешивающиеся жидкости — масло и вода (различие в составе) и т.д. Резкой границы между Г. с. и гомогенной (однородной) системой часто провести нельзя. Так, переходную область между механическими смесями (взвесьями) и истинными (молекулярными) растворами занимают т. н. коллоидные растворы, в которых частицы растворённого вещества столь малы, что к ним неприменимо понятие фазы.

Голубой дым отработавших газов

Дым отработавших газов двигателя автомобиля, окрашенность которого обусловлена содержанием частиц смазочного масла или их смесью с частицами несгоревшего жидкого топлива.

Диоксид серы (Д.с.)

SO₂, бесцветный газ с резким запахом, один из главных загрязнителей атмосферы. Д.с. образуется при сжигании ископаемого топлива на предпри-

иях топливно-энергетического комплекса и в двигателях внутреннего сгорания, а также на предприятиях нефтехимического комплекса. Д.с. пагубно влияет на растения, так как проникает в лист и вступает в реакцию с железом, входящим в состав хлорофилла, вызывает распад хлорофилла и гибель растения. Загрязнение атмосферы Д.с. — главная причина кислотных дождей.

Диоксид углерода (син. углекислый газ, Д.у.)

СО₂, продукт окисления соединений, содержащих углерод. Д.у. образуется при дыхании организмов и при сжигании топлива, содержащего углерод, а также при извержении вулканов и выветривании карбонатных горных пород. При повышении концентрации Д.у. в атмосфере формируется парниковый эффект. Содержание в атмосфере Д.у. до начала промышленной революции составляло 0,028 %, в настоящее время оно превышает 0,03%, а к 2010 г. прогнозируется повышение концентрации Д.у. вдвое.

Дымность отработавших газов (Smoke Emission)

Показатель, характеризующий степень поглощения светового потока, просвечивающего столб отработавших газов.

Дымомер

Средство измерения дымности отработавших газов.

Жидкостный нейтрализатор

Устройство для нейтрализации отработавших газов методом химического связывания жидкими реагентами.

Загрязнение

Все то, что находится не в том месте, не в то время и не в том количестве, какое естественно для природы, что выводит ее системы из состояния равновесия и отличается от обычно наблюдаемой нормы. Загрязнение может быть вызвано любым агентом, в том числе самым чистым. Загрязнение может возникать как в результате естественных причин (природное загрязнение), так и под влиянием деятельности человека (антропогенное загрязнение).

Канцерогены

Вещества, которые вызывают группу заболеваний, известных под названием рак. Некоторые вещества могут представлять из себя косвенные канцерогены, то есть, они повышают чувствительность клеток тела к другим веществам, вызывающим рак. В различных комбинациях токсичные вещества вызывают разные виды раковых заболеваний.

Картерные выбросы двигателя

Вещества, поступившие в атмосферу из системы смазки и вентиляции картера двигателя.

Каталитический нейтрализатор

Устройство для нейтрализации отработавших газов методом каталитического воздействия.

Коэффициент ослабления светового потока

Степень ослабления светового потока вследствие поглощения и (или) рассеивания света отработавшими газами при прохождении ими рабочей трубы дымомера.

Кислотный дождь

Более точный термин - кислотные осадки, так как кислотным дождем называют все виды осадков - дождь, снег, снег с дождем, туман и любую другую форму осадков. Кислотный дождь образуется в результате реакций водяных паров в атмосфере с кислотными остатками (CO , NO_x , SO_3). Эти вещества образуются в качестве побочных продуктов при сжигании угля и нефтепродуктов. Наибольшая концентрация этих веществ наблюдается в районах городов. Кислотный дождь наносит ущерб живой природе водоемов, вызывает коррозию мостов и архитектурных памятников, разрушает лакокрасочные покрытия, приводит к гибели лесов и снижению продуктивности сельскохозяйственных земель, изменяет воды открытых водоемов, повышая ее жесткость. Водородный показатель кислотного дождя рН меньше 5,6.

Летучая зола

Взвешенные в воздухе частицы, образованные в результате сжигания угля и других видов топлива. Главным образом состоит из различных оксидов и силикатов.

Места с неограниченным воздухообменом

Поля, луга, сады, огороды, леса (в том числе лесополосы), территории населенных пунктов (независимо от числа жителей) и т.п.

Места с ограниченным воздухообменом

Закрытые или полужакрытые места, например помещения для содержания животных и птиц, теплицы, внутрицеховые и складские помещения, котлованы и т.п.

Мутагены

Вещество, которое воздействует на ДНК спермы или яйцеклетки и приводит к нежелательным наследственным изменениям.

Натуральный показатель ослабления светового потока

Величина, обратная толщине слоя отработавших газов, проходя который поток излучения от источника света дымомера ослабляется в e раз.

Нейтрализация отработавших газов

Обезвреживание отработавших газов с помощью устройств, устанавливаемых в систему выпуска.

Озоновые дыры

Значительные пространства в озоновом слое атмосферы с заметно пониженным (до 50 %) содержанием озона. Озоновые дыры являются причиной повышения уровня ультрафиолетового излучения, оказывающего вредное воздействие на организмы вследствие увеличения в атмосфере озоноразрушающих веществ (CO_2 , CH_4 , NO_x и др.).

Отработавшие газы двигателя

Смесь газов с примесью взвешенных частиц, удаляемая из цилиндров двигателя.

Отходы опасные

Отходы технологической деятельности человека, а также пришедшие в негодность химические продукты, приносящие вред организму человека и экосистемам.

Парниковый эффект

Теория, которая утверждает, что продолжающееся сжигание ископаемых видов топлива повышает содержание углекислого газа в атмосфере и, тем самым, приводит к скапливанию в атмосфере тепла и влаги. Ученые предполагают, что это вызывает эффект, подобный тому, что происходит в теплице. В результате температура земли повышается, и это может привести к таянию ледников и повышению уровня мирового океана.

Пламенный нейтрализатор

Устройство для нейтрализации отработавших газов методом дожигания в открытом пламени.

Полициклические ароматические углеводороды (ПАУ)

Органические соединения бензольного ряда, различающиеся по числу бензольных колец и особенностям их присоединения. ПАУ обладают высокой мобильностью, способностью к рассеиванию в биосфере и имеют как природное, так и техногенное происхождение. Образуясь при сжигании топлива и других термических процессах, ПАУ поступают на поверхность почв и водоемов с аэрозолями. Многие представители полиароматических углеводородов обладают канцерогенными и мутагенными свойствами, при этом они характеризуются низким порогом вредного воздействия. Являясь наиболее

лее сильным канцерогеном, бенз(а)пирен (БаП) практически всегда обнаруживается там, где присутствуют другие ПАУ. Большая часть ПАУ находится в нижних слоях атмосферы в виде аэрозольных частиц, способных проникать в органы дыхания человека. ПАУ в составе аэрозоля могут переноситься на большие расстояния воздушными потоками. Около 80% бенз(а)пирена распространяется на расстояние более 100 км от источников выбросов и влияет на состояние окружающей среды непромышленных районов.

Предельно-допустимая концентрация (ПДК) загрязняющего вещества в атмосферном воздухе

Концентрация, не оказывающая в течение всей жизни прямого или косвенного неблагоприятного действия на настоящее или будущие поколения, не снижающая работоспособности человека, не ухудшающая его самочувствия и санитарно-бытовых условий жизни.

Принцип предосторожности

Понятие, впервые сформулированное в 1990 году на всемирной экологической конференции в норвежском городе Бергене, на которой присутствовали представители 35 стран. Правительства стран, представленных на конференции, пришли к соглашению, что мировое сообщество должно предпринять меры по предотвращению глобальных экологических катастроф, таких, к примеру, как глобальное потепление климата, не дожидаясь, пока ученые придут к окончательному выводу о причинах и масштабе явлений. Кроме того, ради интересов мирового сообщества индустриально развитые страны должны помогать развивающимся государствам в охране их окружающей среды.

Пробеговый выброс

Показатель, характеризующий количество вещества, поступившее в атмосферу из системы выпуска двигателя автомобиля, мотоцикла, мотороллера, мопеда, мотовелосипеда, отнесенное к единице пройденного пути.

Промышленная экология

Это раздел общей экологии, рассматривающий воздействие промышленности на природу и, наоборот, влияние условий природной среды на функционирование предприятий и их комплексов.

Пиролиз (от греч. πυρ - огонь, жар и lysis - разложение, распад)

Термическое разложение органических соединений без доступа воздуха (древисины, нефтепродуктов, угля и др.). Процесс термического пиролиза углеводородного сырья остаётся основным способом получения низших олефинов — этилена и пропилена.

Радиация

Поток корпускулярной (альфа-, бета -, гамма-лучи, поток нейтронов) и/или электромагнитной энергии. Измеряется по двум параметрам: активностью в источнике излучения и поглощенной дозе. Количество ядерных превращений в источнике за единицу времени, при котором атом распадающегося вещества переходит в более стабильную форму, измеряется в беккерелях или кюри. В рентгенах и кулонах измеряют рентгеновское и гамма-излучение, которое образует положительные и отрицательные ионы в газе. В греях и радах измеряют энергию радиации, поглощенной биологическим телом. БЭР - это единица эквивалентной дозы в живых тканях, которая учитывает взаимодействие энергии, поглощенной телом, и другие факторы, усиливающие или ослабляющие воздействие этой энергии. Доза в 600 бэр обычно приводит к смертельному исходу в течение шестидесяти дней.

Растворенный кислород

Кислород, содержащийся в воде и необходимый для жизни организмов. По мере увеличения содержания органических отходов в воде возрастает численность бактерий, питающихся этими отходами. Эти бактерии потребляют больше кислорода, и его содержание в воде падает, что приводит к гибели водных животных.

pH

Числовое выражение относительной кислотности и щелочности химического раствора, измеряемой на шкале от 0 до 14. Термин pH говорит о количестве ионов водорода (+H) содержащихся в жидкости. В то время как показатель pH равный 7.0 говорит о том, что среда нейтральна, более высокие показатели свидетельствуют об увеличивающейся щелочности среды, а показатели pH ниже 7.0 говорят о кислотности среды. Часто употребляемые в хозяйстве вещества имеют следующие показатели pH: отбеливатель - 12.7, нашатырь - 11.3, кровь - 7.3, молоко - 6.8, уксус - 2.8, кислота в аккумуляторах - 0.2.

ppm (parts per million), (PM)

«Частей на миллион» - единица, показывающая уровень концентрации загрязнителя в среде, когда количества этого загрязнителя чрезвычайно малы. Примером 1 ppm может послужить одно зернышко риса в миллионе зерен пшеницы. В СНГ ppm соответствует понятиям миллиграмм на литр или моль. В справочной литературе представлены таблицы перевода ppm в единицы, употребляемые в СНГ.

Синтез

Процесс (как правило — целенаправленный) соединения или объединения ранее разрозненных вещей или понятий в нечто качественно новое, целое или представляющее набор. **Химический синтез** — в узком смысле это процесс создания или построения сложных молекул из более простых. В

широком смысле — получение химических соединений химическими и физическими методами. В зависимости от природы продукта синтез может быть органическим или неорганическим. Следует отметить, что в органическом синтезе, продукт химической реакции может являться и более простым веществом, чем одно из исходных соединений.

Система снижения токсичности двигателя

Совокупность средств и устройств, служащих для уменьшения содержания вредных веществ в выбросах двигателя.

Смог

Газообразные и твердые примеси в сочетании с туманом или аэрозольной дымкой, образующиеся в результате их преобразования и вызывающие интенсивное загрязнение атмосферы.

Термический нейтрализатор

Термоаккумулирующее устройство для нейтрализации отработавших газов методом беспламенного окисления.

Технический норматив выброса

Норматив выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который устанавливается для передвижных и стационарных источников выбросов, технологических процессов, оборудования и отражает максимально допустимую массу выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух в расчете на единицу продукции, мощности, пробега транспортных или иных передвижных средств и другие показатели.

Токсическая характеристика двигателя

Характеристика изменения количественного содержания и состава вредных веществ в выбросах двигателя в зависимости от режимов его работы.

Токсичное вещество

Вещество, способное причинить вред здоровью людей или окружающей среде.

Токсичность ДВС

Под этим термином понимается негативное воздействие, оказываемое на окружающую среду – растения, животных, людей и архитектурные постройки вредными веществами, содержащимися в отработавших и картерных газах, а также выделяющихся с топливными испарениями.

Токсичность выбросов двигателя

Способность выбросов двигателя оказывать вредное воздействие на окружающую среду.

Токсичные отходы

Отходы, содержащие вещества, которые при контакте с организмом человека могут вызвать заболевания или отклонения в состоянии здоровья.

Топливные испарения

Вещества, поступившие в атмосферу из системы питания топливом двигателя.

Тяжелые металлы

Химические элементы (более 40) с атомной массой свыше 50 атомных единиц. К ним относятся свинец, цинк, кадмий, ртуть, молибден, марганец, никель, олово, кобальт, титан, медь, ванадий, и др.

Удельный выброс системы выпуска

Показатель, характеризующий количество вещества, поступившее в атмосферу в единицу времени из системы выпуска двигателя, отнесенное к единице мощности, развиваемой двигателем.

Углеводороды

Большой класс органических химических веществ, молекулы которых построены только из атомов водорода и углерода. Простейший углеводород - это метан с формулой CH_4 . Значительно более сложный углеводород (с более тяжелой и более сложной формулой) - это октан (C_8H_{18}), составляющая сырой нефти. Сырую нефть и метан часто называют углеводородными видами топлива.

Фитотоксичный

Ядовитый для растений.

Хлорфторометаны

Подгруппа ХФУ, которая приводит к тем же последствиям для озонового слоя земли, что и хлорфторуглероды.

Хлорфторуглероды

Произведенные промышленным способом вещества, (ХФУ), используемые в холодильниках, кондиционерах, растворителях, стерилизаторах и для производства разного рода пенопластов. Когда эти вещества попадают в атмосферу, то в результате химических реакций они разрушают озоновый слой атмосферы, что становится причиной повышения уровня ультрафиолетовой радиации.

Черный дым отработавших газов

Дым отработавших газов двигателя автомобиля, окрашенность которого обусловлена содержанием частиц сажи.

Экология (от греческого oikos - дом, жилище и logos - учение)

Комплексная наука об отношениях растительных и животных организмов и образуемых ими сообществ между собой и окружающей средой. Термин "экология" предложен в 1866 году Э. Геккелем. Объектами "экологии" могут быть популяции организмов, виды, сообщества экосистемы и биосфера в целом. В 20 веке в связи с усилившимся воздействием человека на природу экология приобрела особое значение как научная основа рационального природопользования и охраны живых организмов. С 70-х годов 20 века складывается экология человека, или социальная экология, изучающая закономерности взаимодействия общества и окружающей среды, а также практические проблемы ее охраны; социальные, экономические, географические и другие аспекты (например: экология города, экологическая этика и другие).

Экологическая безопасность ДВС и АТС

Система мер, направленная на снижение вредного воздействия ДВС и АТС на окружающую среду.

Экологические характеристики ДВС и АТС

Уровень содержания нормируемых вредных веществ в отработавших и картерных газах, а также дымности ОГ.

Экосистема

Система взаимодействия и взаимосвязей сообщества живых организмов с окружающей неживой природой.

Эффективная база дымомера

Длина оптически однородного слоя отработавших газов, эквивалентного по ослаблению светового потока столбу тех же отработавших газов, заполняющих рабочую трубу дымомера в условиях измерения.

РОГ (Exhaust Gas Recirculation), (EGR)

Рециркуляция отработавших газов.

CRT (Continuously Regenerating Trap)

Сажевый фильтр с постоянной регенерацией.

DeNO_x (Decrease NO_x)

Технологии нейтрализации оксидов азота.

ЕНС (Electrical Heated Catalyst)

Электрически нагреваемый нейтрализатор.

Exhaust Aftertreatment

Воздействие на отработавшие газы (снижение эмиссии вредных веществ за счет их нейтрализации вследствие применения различных средств).

In-Line HC Adsorber

Встроенный (в систему выпуска отработавших газов) поглотительный нейтрализатор углеводородов.

LO (Light-off [Catalyst])

Первичный нейтрализатор продуктов неполного сгорания, обеспечивающий снижение содержания углеводородов не менее чем на 50% с целью снижения нагрузки на основной нейтрализатор.

MC (Main Converter)

Основной нейтрализатор.

Oxidation Catalyst

Окислительный нейтрализатор (для нейтрализации продуктов неполного сгорания: оксида углерода, углеводородов, дисперсных частиц).

NAC (NO_x Adsorber Catalyst)

Адсорбционный нейтрализатор оксидов азота.

SCR (Selective Catalytic Reduction)

Снижение эмиссии оксидов азота за счет применения аммиака (мочевины).

SAI (Second Air Injection)

Подача вторичного воздуха перед окислительным нейтрализатором.

Trap (DPF), (Diesel Particulate Filter)

Сажевый фильтр.

**Основные нормативные документы по испытаниям
ДВС и АТС с целью оценки выбросов ВВ с ОГ**

№ п/п	Номер НТД	Область распространения
1	2	3
1	Правила ЕЭК ООН №40	Мотоциклы с бензиновым ДВС
2	Правила ЕЭК ООН №47	Мопеды с бензиновым ДВС
3	Правила ЕЭК ООН №49	Дизели, газодизели и газовые двигатели для транспортных средств полной массой более 3,5т и транспортные средства с этими ДВС
4	Правила ЕЭК ООН №83	Транспортные средства: <ul style="list-style-type: none"> - полной массой не более 3,5т (для перевозки грузов) - вмещающих не более 8 пассажиров
5	Правила ЕЭК ООН №96	Дизели мощностью от 18 до 560 кВт для сельскохозяйственных и лесных тракторов

1	2	3
6	Директива №97/68 ЕС , касающаяся измерения выбросов газообразных вредных веществ и частиц двигателями внутреннего сгорания, предназначенными для установки на внедорожный самоходный транспорт	Дизели мощностью от 18 до 560 кВт для внедорожного транспорта
7	ИСО-8178 (часть 3-я для установившихся режимов и часть 9-я для переходных режимов)	<ul style="list-style-type: none"> - Двигатели внедорожных транспортных средств - Двигатели постоянной скорости - Двигатели коммунального применения мощностью не менее 20 кВт
8	ГОСТ 17.2.2.03-87	Автомобили с полной массой свыше 400 кг с бензиновыми ДВС
9	ГОСТ 17.2.2.05-97	Дизели для тракторов класса мощности свыше 0,2 т и комбайнов находящихся в эксплуатации
10	ГОСТ 24585-81	Дизели для судов, тепловозов и промышленного назначения

Примечания:

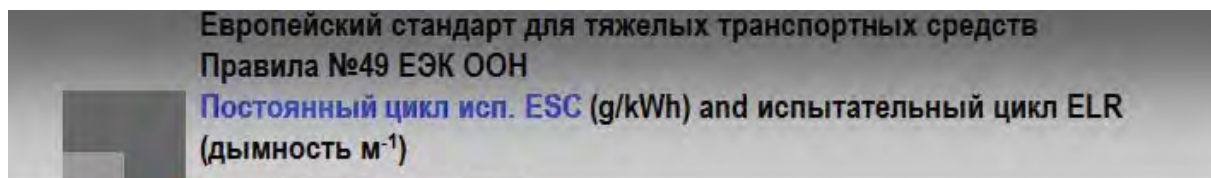
1. В России введены в действие ГОСТ Р41.24-2003, ГОСТ Р41.49-2003, ГОСТ Р41.83-99, ГОСТ Р 41.96-99, ГОСТ Р41.101-99 и ГОСТ Р41.103-99, идентичные Правилам ЕЭК ООН №№ 24, 49, 83, 96, 101 и 103 соответственно.

2. Внедорожный самоходный транспорт по Директиве 97\68 ЕС – это транспорт, предназначенный к движению по поверхности земли по или без дорог: строительная техника, сельскохозяйственное оборудование, роторные культиваторы, лесное оборудование, снегоуборочное оборудование, мобильные краны и др. Указанная Директива не распространяется на объекты, подпадающие под действие других стандартов (например, Правил ЕЭК ООН №49 и 96).

3. Дизели промышленного назначения по ГОСТ 24585-81 – это ДВС, предназначенные для использования в стационарных или передвижных установках (электростанциях, насосно-перекачивающих или компрессорных станциях, холодильных секциях, сварочных агрегатах и т.д.), а также в транспортных средствах: экскаваторах, кранах, строительном-дорожных, землеройных и других аналогичных агрегатах.

Европейский стандарт для тяжелых грузовиков.

Цикл испытаний ESC



Обозначение	Дата и Категория	Испытательный цикл	CO	HC	NOx	PM	Дымность
Euro I	1992, <85 kW	ECE R-49	4.5	1.1	8.0	0.612	
	1992, >85 kW		4.5	1.1	8.0	0.36	
Euro II	1996.10	ECE R-49	4.0	1.1	7.0	0.25	
	1998.10		4.0	1.1	7.0	0.15	
Euro III	1999.10, EEVs only	ESC & ELR	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10		2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
Euro IV	2005.10	ESC & ELR	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	2008.10	ESC & ELR	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

Европейский стандарт для дизельных и газовых двигателей.

Цикл испытаний ETC

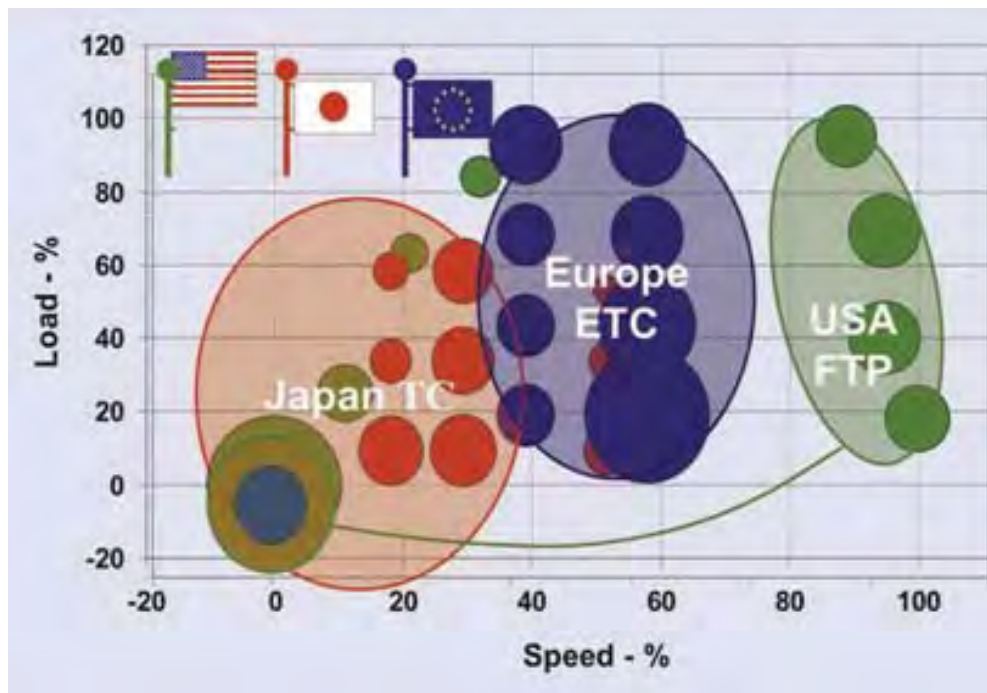
Выбросы для дизельных и газовых двигателей
Переменный цикл испытаний ETC (g/kWh)

Обозначение	Дата и Категория	Испытательный цикл	CO	NMHC	CH ₄ ^a	NOx	PM ^b
	1999.10, EEVs only	<u>ETC</u>	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
Euro III	2000.10		5.45	0.78	1.6	5.0	0.16
Euro IV	2005.10	<u>ETC</u>	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro V	2008.10		4.0	0.55	1.1	2.0	0.03

a – только для газовых двигателей

b – не применяется для двигателей работающих на газе на стадиях 2000 и 2005

Испытательные циклы, моделирующие переходные процессы



Предельные выбросы ВВ с ОГ по нормам US EPA

для внедорожных машин

Power	<8kW			8-19kW		
Tier	1	2	4	1	2	4
Year	2000	2005	2008	2000	2005	2008
CO	8.0	8.0	8.0	6.6	6.6	6.6
NMHC	10.5	7.5	7.5	9.5	7.5	7.5
NO _x						
PM	1.0	0.8	0.4	0.8	0.8	0.4

Power	19-37kW				37-56kW			
Tier	1	2	4	4	1	2	4	4
Year	1999	2004	2008	2013	1998	2004	2008	2013
CO	5.5	5.5	5.5	5.5	-	5.0	5.0	5.0
NMHC	9.5	7.5	7.5	4.7	-	7.5	4.7	4.7
NO _x					9.2			
PM	0.8	0.6	0.3	0.03	-	0.4	0.3	0.03

Original Tier 2/3 limit of 0.4g/kWh may be used if 0.03g/kWh limit is introduced in 2012.

Power	56-75kW				
Tier	1	2	3	4a	4b
Year	1998	2004	2008	2012	2015
CO	-	5.0	5.0	5.0	5.0
NMHC	-	7.5	4.7	-	0.19
NO _x	9.2	-	-	3.4	0.4
PM	-	0.4	0.4	0.02	0.02

Power	75-130kW				
Tier	1	2	3	4a	4b
Year	1997	2003	2007	2012	2015
CO	-	5.0	5.0	5.0	5.0
NMHC	-	6.6	4.0	-	0.19
NO _x	9.2			3.4	0.4
PM	-	0.3	0.3	0.02	0.02

Power	130-560kW				
Tier	1	2	3	4a	4b
Year	1996	2001-3	2006	2011	2014
CO	11.4	3.5	3.5	3.5	5.0
NMHC	1.3	6.4-6.6	4.0		0.19
NO _x	9.2			2.0	0.4
PM	0.54	0.2	0.2	0.02	0.02

Power	130-225kW	225-450kW	450-560kW
Year	2003	2001	2002
NMHC	6.6	6.4	6.4
NO _x			

Литература

1. Транспорт и окружающая среда: учебник для вузов / М.М. Болбас [и др.]; под общей редакцией М.М. Болбаса. – Минск: Технопринт, 2003.
2. Системы управления дизельными двигателями. Перевод с немецкого. Первое русское издание. – М.: ЗАО «КЖИ «За рулем», 2004.
3. Правила ЕЭК ООН №49 (ГОСТ Р41.49-2003) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и двигателей, работающих на природном газе, а также двигателей с принудительным зажиганием, работающих на сжиженном нефтяном газе (СНГ), и транспортных средств, оснащенных двигателями с воспламенением от сжатия, двигателями, работающими на природном газе, и двигателями с принудительным зажиганием, работающими на СНГ, в отношении выделяемых ими загрязняющих веществ.
4. Правила ЕЭК ООН №24 (ГОСТ Р41.24-2003) Единообразные предписания, касающиеся официального утверждения двигателей с воспламенением от сжатия и автотранспортных средств с двигателями с воспламенением от сжатия в отношении выброса видимых загрязняющих веществ.
5. ГОСТ 17.2.2.02-98 Нормы и методы измерения дымности отработавших газов дизелей тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин.
6. Токсичность автомобильных и тракторных двигателей: Учеб. пособие / А.Р. Кульчитский. – Владимир: Владим. гос. ун-т, 2000. – 256 с.
7. ГОСТ17.2.2.05-97 Нормы и методы определения ВВ с ОГ дизелей тракторов.