

**Христофоров Е.Н.
Сакович Н. Е.**



ТРАНСПОРТ И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА

Брянск – 2012

**ФГБОУ ВПО
«Брянская государственная сельскохозяйственная академия»**

**Христофоров Е.Н.
Сакович Н. Е.**

**ТРАНСПОРТ
И ОКРУЖАЮЩАЯ СРЕДА**

Брянск – 2012

УДК 628.74
ББК 38.96.67.99.(2)
Х 93

Христофоров, Е.Н. *МОНОГРАФИЯ*. Транспорт и окружающая среда: Е.Н. Христофоров, Н.Е. Сакович. – Брянск: Издательство Брянской ГСХА, 2012. – 196 с.

Монография предназначена для инженерно-технических работников, занимающихся проблемами экологической безопасности автомобильного транспорта. Она может быть использована в учебном процессе студентами направления 280700 «Техносферная безопасность» профиля «Безопасность технологических процессов и производств», также студентов специальности 280102, изучающих дисциплины «Инженерная экология», «Производственная экология», «Теория безопасности дорожного движения», а также преподавателями и аспирантами.

Рецензенты:

Зав. каф. «Безопасность жизнедеятельности
и химия», Брянского ГТУ
д.т.н., профессор

А.В. Тотай

Зав. каф. «Природообустройства
и водопользования» Брянской ГСХА
д.т.н., профессор

В.Ф. Василенков

Монография одобрена методической комиссией факультета энергетики и природообустройства 2012 г.

2012

© Христофоров Е.Н.,

© Сакович Н.Е., 2012

Введение

Транспорт – один из важнейших элементов материально-технической базы общественного производства и необходимое условие функционирования современного индустриального общества, так как с его помощью осуществляется перемещение грузов и пассажиров. Различают гужевой, автомобильный, сельскохозяйственный (трактора и комбайны), железнодорожный, водный, воздушный и трубопроводный транспорт.

В настоящее время земной шар покрыт густой сетью путей сообщения. Протяженность магистральных автомобильных дорог мира с твердым покрытием превышает 12 млн км, воздушных линий – 5,6 млн км, железных дорог – 1,5 млн км, магистральных трубопроводов – около 1,1 млн км, внутренних водных путей - более 600 тыс. км. Морские линии составляют многие миллионы километров.

Наряду с преимуществами, которые обеспечивает обществу развитая транспортная сеть, ее прогресс сопровождается также негативными последствиями - отрицательным воздействием транспорта на окружающую среду, и прежде всего на тропосферу, почвенный покров и водные объекты.

Все транспортные средства с автономными первичными двигателями в той или иной степени загрязняют атмосферу химическими соединениями, содержащимися в отработавших газах. В среднем вклад отдельных видов транспортных средств, в загрязнение атмосферы, следующий:

- автомобильный – 85%,
- морской и речной – 5,3%,
- воздушный – 3,7%,
- железнодорожный – 3,5%,
- сельскохозяйственный – 2,5%.

Во многих больших городах таких, как Берлин, Мехико, Токио, Москва, Санкт – Петербург, Киев загрязнение воздуха автомобильными выхлопами составляет, по разным оценкам, от 80 до 95% всех загрязнений.

Что касается загрязнения атмосферы другими видами транспорта, то здесь проблема имеет меньшую остроту, поскольку транспортные средства этих видов не концентрируются непосредственно в городах. Так, в крупнейших железнодорожных узлах все движение переведено на электротягу и лишь на маневровой работе используют тепловозы. Речные и морские порты, как правило, размещены за пределами жилых кварталов городов, а движение судов в районах портов практически незначительно. Аэропорты, как правило, относят от городов на 20...40 км. Кроме того, большие открытые пространства над аэродромами, как и над речными и морскими портами, не создают опасности высоких концентраций токсичных примесей, выделяемых двигателями. Следует отметить, что на железнодорожном, морском, речном и современном воздушном транспорте почти не используют карбюраторные бензиновые двигатели.

Наряду с загрязнениями окружающей среды вредными выбросами следует

отметить физическое воздействие на атмосферу в виде образования антропогенных физических полей (повышенный шум, инфразвук, электромагнитные излучения). Из этих факторов наибольшее воздействие оказывает шум. Транспорт – основной источник акустического загрязнения окружающей среды. В крупных городах уровень шума достигает 70...75 дБА, что в несколько раз превышает допустимые нормы. Основными источником акустического загрязнения окружающей среды является автомобильный транспорт: его вклад в акустическое загрязнение в городах составляет от 75 до 90%.

Современный автомобиль – пример неэкологичного транспортного средства. Поэтому проблемы и пути повышения экологичности транспорта различных видов наиболее целесообразно рассмотреть на примере автомобильного транспорта.

Загрязнение окружающей среды, нанесение вреда здоровью человека автотранспортными средствами, идет по следующим направлениям:

1. Загрязнение окружающей среды из-за наличия отравляющих компонентов в отработанных газах, из-за неполного сгорания топлива, отсутствия и низкой эффективности работы нейтрализаторов, попадания картерных газов в атмосферу.

В России автотранспорт ежедневно выбрасывает в атмосферу 16,6 млн т загрязняющих веществ.

2. Воздействие транспортного шума, в который включается шум двигателя, коробки передач, тормозных механизмов, шин, шум, вызванный не плотностью соединений кузова.

Вклад автомобилей в акустическое загрязнение городов составляет от 75 до 90%.

3. Воздействие транспортных вибраций на человека из-за отсутствия вибродемпферов, виброизоляции, виброгашения. Кроме этого при использовании больших транспортных потоков (особенно на улицах больших городов) из-за вибраций разрушаются фундаменты и стены зданий.

4. Воздействие излучений (инфракрасного) из-за наличия нагретых деталей.

5. Дорожное строительство нарушает экологическое равновесие в природе вследствие изменения существующего ландшафта: усиления водной, ветровой эрозии; развитие геодинамических процессов, например, оползней и обвалов; загрязнения местности, поверхностных и грунтовых вод материалами и веществами, применяемыми при эксплуатации автомобилей и дорог.

В полосе отвода магистральных автомобильных дорог России, утвержденные нормы загазованности превышены в десятки и сотни раз.

6. Безопасность движения, – состояние аварийности на дорогах. При дорожно – транспортных происшествиях (ДТП) гибнут и травмируются люди, наносится огромный материальный ущерб – уничтожение и повреждение грузов, транспортных средств и сооружений. Опасными для экологической безопасности являются ДТП при перевозке: пассажиров, транспортирования радиационных, химических, и взрывопожароопасных веществ, для

окружающей среды последствия таких чрезвычайных происшествий непредсказуемы.

Содержание

Введение	
Глава 1.	
Автомобильный транспорт и его влияние на окружающую среду.....	8
1.1. Необходимость и порядок контроля воздействия автотранспортных средств на окружающую среду.....	8
1.1.1. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду.....	11
1.1.2. Мировые тенденции контроля показателей вредных выбросов.....	19
1.1.3. Обзор современных подходов к регулированию выбросов вредных веществ автотранспортом в странах ЕС и России.....	19
1.2. Снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.....	23
1.2.1. Уменьшение токсичности ОГ путем конструктивных усовершенствований двигателей.....	23
1.2.2. Автотранспортные средства с бензиновым двигателем.....	30
1.2.2.1. Автомобильные бензины.....	30
1.2.2.2. Детонационная стойкость. Октановое число. Калильное зажигание.....	30
.....	
1.2.2.3. Антидетонационные свойства.....	35
1.2.3. Карбюраторные системы питания бензиновых двигателей.....	39
1.2.3.1. Системы питания грузовых автомобилей классической конструкции.....	39
.....	
1.2.3.2. Карбюраторы.....	40
Глава 2. Снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду.....	48
2.1. Основные направления и пути снижения вредных выбросов автотранспорта.....	48
.....	
2.2. Техническое совершенствование автомобилей с двигателями внутреннего сгорания.....	49
2.3. Разработка альтернативных видов автомобильного транспорта.....	54
2.4. Уменьшение токсичности ОГ путем их нейтрализации в выпускной системе	56

2.5. Уменьшение токсичности ОГ путем совершенствований систем зажигания и подачи топлива в ДВС.....	65
2.6. Применение перспективных автотранспортных двигателей.....	66
2.6.1. Автотранспортные средства с дизельным двигателем	66
2.6.1.1. Особенности процессов дизельного цикла. Дизельные топлива...	67
2.6.1.2. Особенности приготовления рабочей смеси и принятая форма камеры сгорания.....	71
2.6.1.3. Дизельные топлива.....	78
2.6.1.4. Экономические требования к дизельным топливам.....	85
2.6.1.5. Влияние свойств топлива и присадок на качество работы и долговечности дизеля.....	87
2.6.1.6. Ассортимент дизельных топлив.....	90
2.6.2. Системы подачи топлива.....	92
2.6.3. Системы питания с блочными (рядными) многоплунжерными ТНВД.....	95
2.6.4. Электронное управление дизельными двигателями.....	96
2.6.5. Обзор систем электронного управления	97
2.6.6. Снижение вредных выбросов дизелей.....	97
2.6.7. Рециркуляция отработавших газов (EGR).....	98
2.7. Роторно – поршневые ДВС.....	102
2.8. ДВС с послойным смесеобразованием.....	103
2.9. Двигатели с внешним подводом теплоты.....	103
2.10. Газотурбинная силовая установка.....	107
2.11. Двигатели внешнего сгорания.....	108
2.12. Гелиомобиль.....	110
2.13. Электромобиль.....	110
2.14. Применение перспективных горючих материалов.....	113
2.14.1. Угледородные газы.....	115
2.14.2. Водотопливные эмульсии.....	117
2.14.3. Синтетические спирты.....	118
2.14.4. Водородное топливо.....	119
Глава 3. Автомобильные дороги.....	122
3.1. Автомобильная транспортная сеть. Классификация автомобильных дорог.....	122
3.1.1. Дороги для перевозки грузов транспортным транспортом.....	128
3.1.2. Инженерное обустройство дорог.....	128
3.1.3. Методика оценки состояния дорог.....	133
3.1.4. Методика оценки состояния внутрихозяйственных дорог в сельскохозяйственных предприятиях.....	135
3.1.5. Перспективное оборудование для дорожных работ.....	138
3.2. Воздействие автомобильных дорог на окружающую среду.....	140
3.2.1. Воздействие транспортного шума и вибраций.....	143

3.3. Методы и средства снижения шумового загрязнения.....	151
3.3.1. Расчет воздушного шума в кабине трактора.....	151
3.4. Разработка системы герметизации кабины транспортного средства..	157
3.5. Уменьшение загрязнения атмосферы путем совершенствования организации дорожного движения и градостроительных мероприятий...	161
3.6. Дорожные условия и безопасность движения.....	163
3.6.1. Анализ транспортных происшествий из-за дорожных условий.....	163
3.6.2. Явления погоды, особо опасные для безопасности движения.....	164
3.7. Результаты аттестации внутрихозяйственных дорог по предотвращению ДТП.....	168
3.7.1. Оценка состояния внутрихозяйственных дорог.....	168
Глава 4. Обращение с отходами автотранспортных средств.....	171
4.1. Загрязнение поверхности и отчуждение земель.....	171
4.2. Обращение с отходами в зарубежных странах.....	174
4.3. Организационно-технологическая схема утилизации отходов.....	176
4.4. Разборка автотранспортных средств, подлежащих утилизации.....	177
4.5. Сортировка и утилизация резинотехнических изделий.....	177
4.6. Утилизация полимеров, содержащихся в отходах.....	180
4.7. Первичная переработка металлолома.....	181
4.8. Информационно – организационные аспекты процессов обращения с отходами.....	182
4.9. Организационно – экономические методы регулирования процесса обращения с отходами.....	185
4.10. Загрязнение водных ресурсов и очистка сточных вод.....	187
Список используемых сокращений.....	193
Список литературы.....	194

Глава 1. Автомобильный транспорт и его влияние на окружающую среду

1.1. Необходимость и порядок контроля воздействия автотранспортных средств на окружающую среду

Воздействие автомобильного транспорта на окружающую среду и человека очень многогранно и не ограничивается последствиями дорожно-транспортных происшествий. К примеру, число умерших от выхлопных газов автомобилей, по результатам исследований специалистов обсерватории "Риск" (Observatorio del Risco) в Барселоне (Испания), в пять раз больше, чем от последствий ДТП. Такая статистика является следствием специфичности выбросов отработавших газов от автомобилей:

- малой высотой выброса вредных веществ, что приводит к непосредственному контакту и прямому воздействию на человека;
- относительно низкой степени рассеивания и удаления вредных веществ от источника;
- большей степенью локализации и концентрации загрязняющих веществ, чем от других источников;
- нахождением в районах с высокой плотностью населения и степенью концентрации промышленного производства;
- многокомпонентностью и высокой токсичностью выбросов.

С продуктами сгорания топлив в атмосферу ежегодно выбрасывается: около 80 млн. т - оксидов серы, 30-50 млн. т - оксидов азота, 300 млн. т - оксида углерода, 10 – 15 млрд. т – углекислого газа. Только в Российской Федерации автомобильным транспортом ежегодно в атмосферу выбрасывается более 30 млн. т. вредных соединений, таких как оксид углерода CO, углеводороды CH, оксиды азота NO_x, оксиды серы SO_x, сажа C и даже свинец Pb. Доля этих соединений в составе

отработавших газов и их относительная агрессивность показаны в таблице 1.1.

Таблица 1.1 – Состав отработавших газов и относительная агрессивность вредных соединений

Компонент	Доля, %		Относительная агрессивность
	бензин	дизель	
Азот	от 74 до 77	от 76 до 78	-
Оксид углерода	от 1 до 10	от 0,01 до 0,05	1
Углеводороды	от 0,01 до 0,5	от 0,01 до 0,2	от 0,8 до 3
Оксиды азота	от 01, до 0,5	от 0,001 до 0,4	40
Оксиды серы	до 0,002	до 0,03	40
Сажа, г/м ³	до 0,04	от 0,1 до 11	200
Свинец, мкг/м ³	от 50 до 1000	-	200000

Ограничение вредных выбросов от автомобилей начинается еще на стадии проектирования и производства. Это осуществляется применением требований к производителям автомобилей, которые постоянно ужесточаются, что приводит, в том числе и к увеличению стоимости подвижного состава.

Ужесточаются постоянно и требования к топливам (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Требования к производителям топлива

Нормативный документ	Евросоюз	Россия
EURO 2	1996	2006
EURO 3	2000	2008
EURO 4	2006	2010
EURO 5	2008	2014

К сожалению, применение требований только к производителям и топливам, не позволяет в необходимой мере воздействовать на ситуацию с вредными выбросами от автомобилей, поэтому во многих странах мира осуществляется дополнительный регулярный контроль технического состояния в период эксплуатации.

В настоящее время в Российской Федерации действует три нормативных документа, устанавливающих требования к составу отработавших газов автомобилей с различными типами двигателей на периоде эксплуатации.

Большая часть автомобилей, эксплуатируемых на территории РФ, имеет бензиновые ДВС. Состав отработавших газов у данных автомобилей нормируется ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями.

Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния». Данный документ устанавливает требования к автомобилю в зависимости от трех его характеристик (таблица 1.3):

- даты выпуска автомобиля;
- комплектность системы выпуска отработавших газов;
- категории транспортного средства.

Таблица 1.3 – Требования к автомобилям категории M₁ и N₁ (n_{min}/n_{н0В})

Комплектность системы выпуска ОГ	CO, %	CH, 1/млн
Любая, выпуск до 1.10.1986	4,5/-	-/-
Без системы нейтрализации ОГ	3,5/2,0	1200/600
Двухкомпонентная система нейтрализации ОГ	1,0/0,6	400/200
Трехкомпонентная система нейтрализации ОГ	0,5/0,3	100/100

Для автомобилей с дизельными двигателями требования зафиксированы в ГОСТ Р 52160-2003. «Автотранспортные средства, оснащенные двигателями с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния». Этот документ пришел на смену ГОСТу, действовавшему с давних «советских» времен, и, что интересно, значительно снизил требования по дымности отработавших газов (таблица 1.4).

Таблица 1.4 – Нормативы дымности отработавших газов для автомобилей с дизельными ДВС

Режим работы	До 1.01. 2005	После 1.01. 2005 ГОСТ Р 52160 - 2003
Максимальная частота вращения	15%	-
Свободное ускорение (без наддува /с наддувом)	40% / 50%	66% / 72%

Объясняется данная ситуация достаточно просто и, вместе с тем, парадоксально, до 1 января 2005 года требования в РФ были жестче, чем в Евросоюзе, а сейчас они гармонизированы. Учитывая эту ситуацию, основной задачей по автомобилям с дизельными ДВС становится организация контроля дымности отработавших газов, от которой за время действия «недостижимых» нормативов на многих предприятиях и станциях технического обслуживания успели отвыкнуть.

Одним из путей снижения вредных выбросов, признанных во всем мире, является использование альтернативных видов топлива, в том числе

газообразного.

Наиболее широкое применение получили сжиженный углеводородный нефтяной газ (СНГ) и компримированный (сжатый) природный газ (КПГ). Самым главным преимуществом газообразных видов топлива, наравне со стоимостью, считается их экологическая чистота, но ГОСТ Р 17.2.02.06 - 1999 «Нормы и методы измерения содержания оксида углерода и углеводородов в отработавших газах газобаллонных автомобилей», который устанавливает требования в РФ совершенно не отражает этих возможностей (таблица 1.5).

Таблица 1.5 – Требования к составу отработавших газов газобаллонных автомобилей с рабочим объемом до 3 дм³ ($\Pi_{Т;П}$ / $\Pi_{ПОВ}$)

Вид топлива	СО, %	СН, 1/млн
Сжиженный углеводородный (нефтяной газ)	3,0 / 2,0	1000 / 600
Компримированный (сжатый) природный газ	2,0 / 1,5	700 / 600

Этот ГОСТ действует уже более восьми лет и необходимо довести его требования до потенциальных возможностей газообразных топлив. Ужесточение норм содержания вредных соединений не должно оттолкнуть потребителей этих видов топлива, т.к. в России оно имеет ощутимую экономическую выгоду по сравнению с жидкими видами нефтяных топлив.

Вопросы организации контроля состава отработавших газов, вообще, выходят сейчас на первый план. В России доля работ выполняемых самими владельцами или «умельцами-знакомыми» очень высока, а это значит, что после воздействия на системы, влияющие на состав отработавших газов, обязательный контроль не проводится. Но даже при обслуживании автомобиля на станциях технического обслуживания нельзя быть уверенным, что после проведения технических воздействий, особенно технического обслуживания, будет осуществлен контроль состава отработавших газов. Поэтому для большинства автомобилей в настоящее время периодичность контроля совпадает с периодичностью государственного технического осмотра (ГТО), что совершенно не оправдано особенно при тенденции увеличения периодичности ГТО.

На основании вышеизложенного можно сделать вывод, что в РФ необходимо уменьшать периодичность контроля состава отработавших газов государственными органами, чтобы повысить уровень технического состояния автомобилей и снизить вред, наносимый окружающей среде и человеку, а также улучшить условия жизни наших соотечественников, особенно в крупных городах

1.1.1. Влияние автомобильного транспорта на окружающую среду

Общий мировой парк автомобилей насчитывает 800 млн единиц, из которых 83...85% составляют легковые автомобили, а 15...17% - грузовые и автобусы. Выставленные бампер к бамперу, они составили бы цепочку длиной 4 млн км, которой 100 раз можно обернуть земной шар по экватору. Если тенденции роста выпуска автотранспортных средств (АТС) останутся неизменными, то к 2015 г. число автомобилей может возрасти до 1,5 млрд шт.

К основным источникам токсических веществ, при эксплуатации автомобильного транспорта относят:

- отработавшие газы (ОГ), выбрасываемые двигателем;
- картерные газы (КГ) – смесь части ОГ, проникшей через неплотности поршневых колец в картер двигателя, с парами смазочного масла;
- топливные испарения (ТИ), поступающие в окружающую среду из системы питания двигателя.

В результате в воздух кабины (рабочая зона водителя), пассажирского салона и окружающую среду, в которой функционирует автомобиль, поступают многие токсические компоненты.

Распределение основных компонентов вредных выбросов по источникам показывает, что определяющим источником являются отработавшие газы (таблица 1.6).

Оценка токсичности ОГ осуществляется методами:

- непосредственного измерения;
- анализа за ездовой испытательный цикл;
- частичного отбора проб за цикл с разбавлением их инертным газом;
- анализа разбавленных воздухом проб;
- анализа индивидуальных проб газа.

Наиболее широко в настоящее время используется метод непосредственных измерений и метод анализа ОГ за ездовой испытательный цикл.

Таблица 1.6 – Распределение основных компонентов вредных выбросов по источникам

Тип двигателя	Распределение основных компонентов вредных выбросов по источникам, %								
	отработавшие газы			артерные газы			топливные испарения		
	CO	CH	NO	CO	CH	NO	CO	CH	NO
Карбюраторный	95	55	98	5	5	2	0	40	0
Дизельный	98	90	98	2	2	2	0	8	0

Ездовой испытательный цикл имитирует реальные условия движения автомобилей в крупных городах (автомобили с полной массой от 400 до 3500 кг) и автобусов (с числом мест для сидения до 12), оснащенных

карбюраторными двигателями, и включает в себя последовательность различных фаз движения: холостой ход, ускорение, постоянную скорость и замедление. Испытания проводятся на стенде с беговыми барабанами и маховыми массами. Время цикла испытаний и отдельных его фаз регламентируется. В России такие испытания проводятся в соответствии с Правилами № 15 Европейской экономической комиссии ООН.

Автомобильный транспорт, с одной стороны, потребляет из атмосферы кислород, а с другой - выбрасывает в нее отработавшие газы, картерные газы и углеводороды из-за испарения их из топливных баков и негерметичности систем подачи топлива.

Автомобиль отрицательно воздействует практически на все составляющие биосферы: атмосферу, водные, земельные ресурсы, литосферу и человека.

Масштабы этого воздействия схематично представлены на рисунке 1.1.

Выхлопы от автотранспорта распространяются на улицах города вдоль дорог, оказывая вредное воздействие на пешеходов, жителей расположенных рядом домов и растительность. Выявлено, что зоны с превышением предельно-допустимых концентраций (ПДК) по диоксиду азота и оксиду углерода охватывают до 90% городской территории.

Автомобиль — самый активный потребитель кислорода воздуха. Если человек потребляет до 20 кг (15,5 м³) воздуха в сутки и до 7,5 т в год, то современный автомобиль, для сгорания 1 кг бензина, расходует около 12 м³ воздуха, или, в кислородном эквиваленте, около 250 л кислорода. Так, весь автомобильный транспорт США потребляет в 2 раза больше кислорода, чем его регенерирует природа на всей их территории.

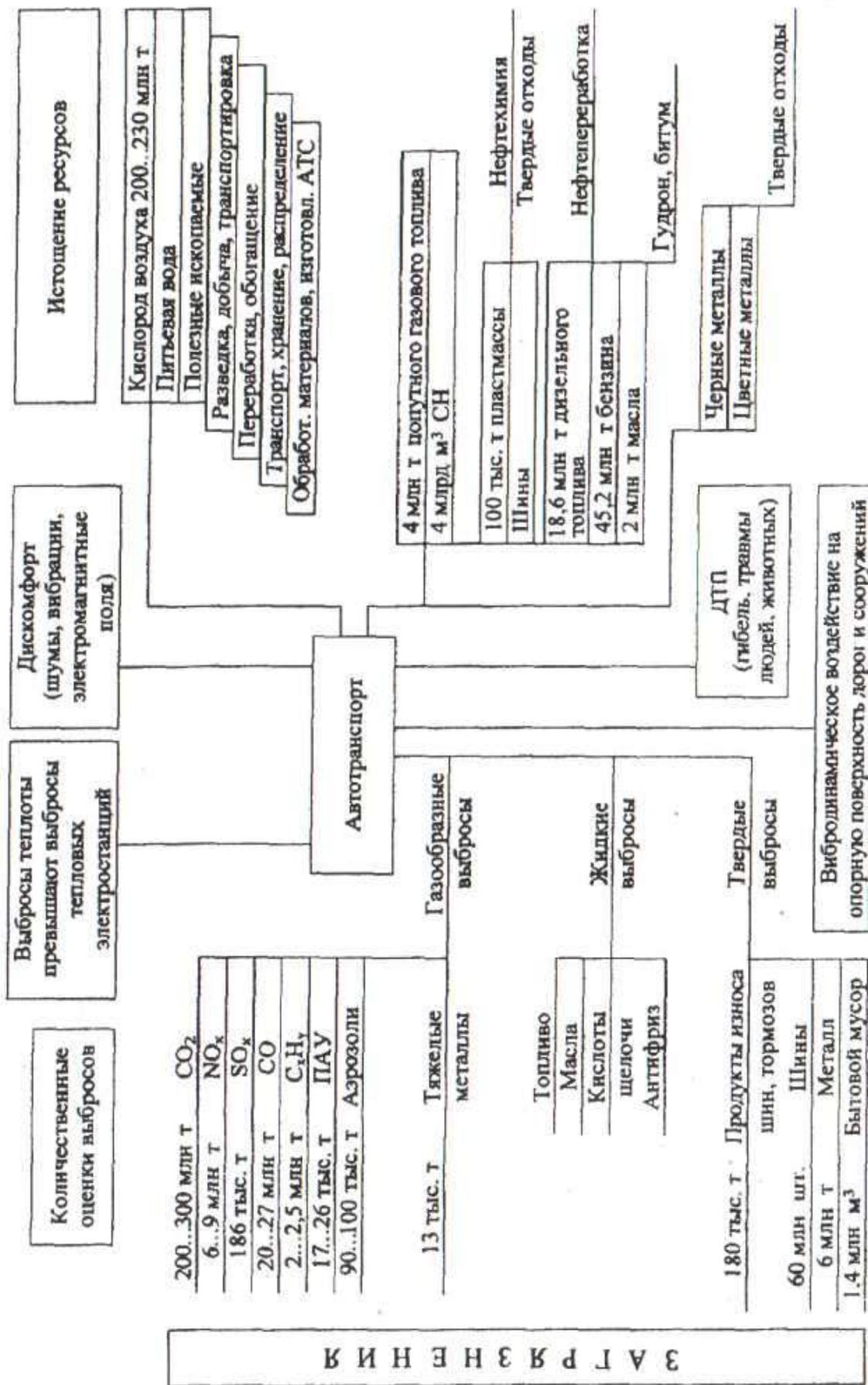


Рис. 12.1. Схема и масштабы воздействия автотранспорта на окружающую среду

Таким образом, в крупных мегаполисах автомобильный транспорт поглощает кислорода в десятки раз больше, чем все их население.

Исследования, проведенные на автомагистралях Москвы, показали, что при тихой безветренной погоде и низком атмосферном давлении, на оживленных автомобильных трассах, объемная концентрация кислорода в воздухе нередко понижается до 15%. Известно, что при концентрации кислорода в воздухе ниже 17% у людей появляются симптомы недомогания, при 12% и меньше возникает опасность для жизни, при концентрации ниже 11% наступает потеря сознания, а при 6% прекращается дыхание.

С другой стороны, на этих магистралях не просто мало кислорода, но воздух еще насыщен вредными веществами автомобильного выхлопа. Исследования НИИ нормальной физиологии показывают, что в Москве 92...95% загрязнения воздуха дает автомобильный транспорт. Дым, выбрасываемый заводскими трубами, испарения химических производств, гарь от котельных и все прочие отходы деятельности большого города составляют примерно всего 7% общей массы загрязнений. Особенностью автомобильных выбросов является также то, что они загрязняют воздух на высоте человеческого роста, и люди дышат этими выбросами (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Состав основных примесей в выбросах автотранспорта, кг/т топлива

Компонент выбросов	Двигатель	
	бензиновый	дизельный
Оксиды:		
- углеводорода	395,0	9,0
- азота	20,0	33,0
- серы	1,6	6,0
Углеводороды	34,0	20,0
Альдегиды, органические кислоты	1,4	6,0
Твердые частицы (сажа)	2,0	16,0

В состав выбросов от автомобилей входит около 200 химических соединений, которые в зависимости от особенностей воздействия на организм человека подразделяют на семь групп.

1. *Химические соединения*, содержащиеся в естественном составе атмосферного воздуха: вода (в виде пара), водород, азот, кислород и диоксид углерода. Автотранспорт выбрасывает в атмосферу такое огромное количество пара, что в Европе и европейской части России оно превышает по массе испарения всех водоемов и рек. Из-за этого растет облачность, а число солнечных дней заметно снижается. Серые, без солнца, дни, непрогретая почва, постоянно повышенная влажность воздуха - все это способствует росту вирусных заболеваний, снижению урожайности сельскохозяйственных культур.

Сернистый ангидрид – бесцветный газ с резким запахом. Плотность — 2,264. Хорошо растворяется в воде, образуя сернистую кислоту. Длительное воздействие даже относительно низких концентраций сернистого ангидрида увеличивает смертность от сердечно-сосудистых заболеваний, способствует возникновению бронхитов, астмы и других респираторных заболеваний.

2. **Оксид углерода (ПДК 20 мг/м³, 4-й класс).** Это бесцветный газ без вкуса и запаха. Плотность 0,97. Горюч. С воздухом может образовывать взрывчатую смесь. очень слабо растворимый в воде. При вдыхании проникает в кровь и образует комплексное соединение с гемоглобином - карбоксигемоглобин.

Вдыхаемый человеком, он соединяется с гемоглобином крови и подавляет его способность снабжать ткани организма кислородом. Окись углерода реагирует с гемоглобином в 210 раз быстрее, чем кислород, что приводит к развитию гипоксии (кислородная недостаточность) признаками которой являются нарушения в центральной нервной системе, поражения тканей дыхательной системы, снижение остроты зрения и т.д. Увеличенные среднесуточные концентрации СО способствуют возрастанию смертности лиц с сердечно – сосудистыми заболеваниями.

Содержание СО в воздухе в зависимости от степени концентрации вызывает:

- хроническое отравление при длительном вдыхании (С = 0,01% об.);
- слабое отравление через 1 час (С = 0,05% об.);
- потерю сознания через несколько вдохов (С = 1.% об.).

3. **Оксиды азота** – смесь различных окислов: Наибольшую опасность представляет NO₂ и его компонент N₂O₄. Плотность NO₂ = 1,58. Воздействие окислов азота на человека приводит к нарушению функций легких, к изменениям слизистой оболочки бронхов. При низких концентрациях окислов азота в воздухе эти изменения могут наступать спустя длительное время. Изменяется также состав крови. Воздействию окислов азота в большей степени подвержены дети и люди, страдающие сердечно – сосудистыми заболеваниями. **Оксид азота (ПДК 5 мг/м³, 3-й класс)** – бесцветный газ - и диоксид азота (ПДК 2 мг/м³, 3-й класс) - газ красновато-бурого цвета с характерным запахом. Указанные газы являются примесями, способствующими образованию смога. Попадая в организм человека, они, взаимодействуя с влагой, образуют азотистую и азотную кислоты (ПДК 2 мг/м³, 3-й класс). Последствия воздействия зависят от их концентрации в воздухе, так, при концентрации 0,0013% происходит слабое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, при 0,002% - образование метгемоглобина, при 0,008% - отек легких.

4. **Углеводороды** – обширная группа соединений типа C_xH_x. В ОГ двигателей обнаруживается более 100 их разновидностей. Обладают неприятным запахом. Продукты фотохимических реакций углеводородов с окислами азота образуют смог.

Бенз(а)пирен – полициклический ароматический углеводород.

Молекулярный вес 252,3. При нормальных атмосферных условиях – кристаллический продукт, плохо растворимый в воде. Температура плавления 179° С. Попадая в организм человека, ПАУ постепенно накапливаются до критических концентраций и стимулируют образование злокачественных опухолей.

К наиболее опасным из них относится 3,4 – бенз(а)пирен (**ПДК 0,00015 мг/м³, 1-й класс**) – мощный канцероген. При нормальных условиях это соединение представляет собой игообразные кристаллы желтого цвета, плохо растворимые в воде и хорошо – в органических растворителях.

5. Альдегиды. Наиболее опасны для человека акролеин и формальдегид.

Акролеин – альдегид акриловой кислоты (**ПДК 0,2 мг/м³, 2-й класс**), бесцветная, с запахом пригорелого жира и весьма летучая жидкость, хорошо растворяющаяся в воде. Температура кипения 52,4°С. Концентрация 0,00016% является порогом восприятия запаха, при 0,002% запах труднопереносим, при 0,005% непереносим, а при 0,014% через 10 мин наступает смерть.

Формальдегид (**ПДК 0,5 мг/м³, 2-й класс**) бесцветный, с резким запахом газ, легко растворяющийся в воде. При концентрации 0,007% вызывает легкое раздражение слизистых оболочек глаз и носа, а также верхних дыхательных путей, при концентрации 0,018% осложняется процесс дыхания.

6. Сажа (ПДК 4 мг/м³, 3-й класс.) оказывает раздражающее воздействие на органы дыхания. Исследования, проведенные в США, выявили, что 50...60 тыс. человек умирают ежегодно от загрязнения воздуха сажей. Было выяснено, что частички сажи активно адсорбируют на своей поверхности бенз(а)пирен, вследствие этого резко ухудшается здоровье детей, страдающих респираторными заболеваниями, лиц, больных астмой, бронхитом, воспалением легких, а также людей престарелого возраста. **Сажа** – твердый фильтрат ОГ, состоящий в основном из частиц углерода. Непосредственной опасности для человека не представляет. Влияние сажи проявляется в появлении неприятного ощущения загрязненности воздуха. Сажа является адсорбентом канцерогенных веществ и способствует усилению влияния других токсических компонентов, например, сернистого ангидрида.

7. Свинец и его соединения. В бензин в качестве антидетонационной присадки вводят тетраэтилсвинец (**ПДК 0,005 мг/м³, 1-й класс**). Поэтому около 80% свинца и его соединений, загрязняющих воздух, попадают в него при использовании этилированного бензина. Свинец и его соединения снижают активность ферментов и нарушают обмен веществ в организме человека, а также обладают кумулятивным действием, т.е. способностью накапливаться в организме. Соединения свинца – появляются в ОГ в случаях применения тетраэтилсвинца (ТЭС) - антидетонационной присадки к бензинам, они особенно вредны для интеллектуальных способностей детей. В организме ребенка остается до 40% попавших в него соединений.

В России применение этилированного бензина запрещено.

По воздействию на организм человека компоненты выхлопных газов подразделяются на:

- токсичные – окись углерода, окислы азота, окислы серы, углеводороды, альдегиды, свинцовые соединения;
- канцерогенные – бенз(а)пирен;
- удушающего действия – углекислый газ;
- раздражающего действия – акролеин, формальдегид, окислы серы, углеводороды;
- надоедающие – альдегиды, углеводороды, сажа, смолы, минеральные аэрозоли, частицы и пары топлива и масел.

Влияние перечисленных компонентов ОГ на организм человека зависит от их концентрации в атмосфере и продолжительности воздействия.

В первую очередь воздействию токсических составляющих ОГ подвергается водитель автомобиля. Анализ состава проб воздуха в кабинах и салонах транспортных средств показал, что:

- концентрация окиси углерода (особенно в кабинах грузовых автомобилей) может превышать в отдельных случаях предельно допустимые нормы;
- на концентрацию СО оказывает влияние степень изношенности автомобиля и состояние уплотняющих кабину элементов, тип применяемого двигателя и его регулировка, условия движения (в городе или за городом, скорость движения и т.д.);
- окислы азота, обнаруженные в пробах, находятся в пределах допустимых концентраций;
- содержание акролеина в кабинах большегрузных автомобилей может достигать 5,6 мг/м³;
- концентрация двуокиси углерода не превышает допустимых норм.

Число автомобилей в городах и на автотрассах из года в год увеличивается. Экологи считают, что там, где плотность их превышает 1 тыс. на 1 км², среду обитания можно считать разрушенной. (Число машин берут в пересчете на легковые автомобили. Каждый грузовой автомобиль или автобус приравниваются к пяти легковым.)

В результате постоянного их роста (1,3 млн. год) увеличивается объем выбросов вредных веществ в атмосферу, литосферу, гидросферу, причем в мегаполисах эти выбросы составляют от 80% и более (таблица 1.8).

Таблица 1.8. Зависимость количества выбросов от численности населения

Число жителей в городах, млн.	0,5	1,0	1,5	2,0	2,5	3,0
% выбросов вредных веществ	30	50	60	65	69	74

Медиками установлена зависимость между ростом числа автомобилей

и различными заболеваниями населения (рисунок 1.2).

Вопросы организации контроля состава отработавших газов, вообще, выходят сейчас на первый план. В настоящее время периодичность контроля государственными органами совпадает с периодичностью государственного технического осмотра. Такая ситуация могла бы быть оправдана, если бы большинство владельцев осуществляли обслуживание автомобилей на станциях технического обслуживания.

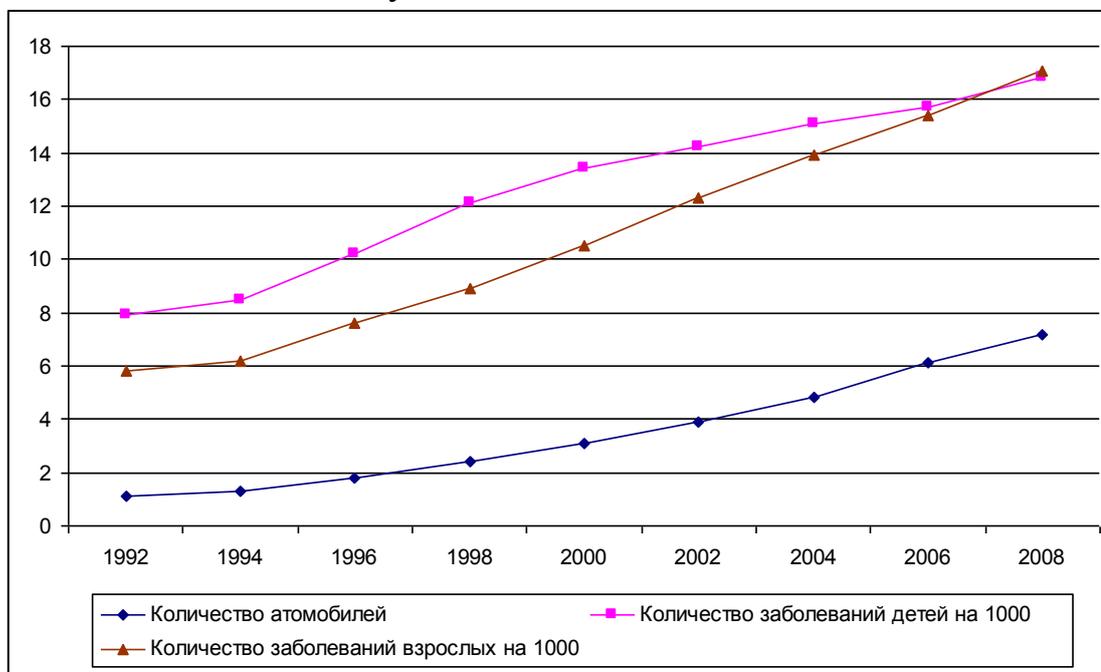


Рисунок 1.2 – Изменение количества автомобилей и заболеваний

Но в России доля работ выполняемых самими владельцами или «умельцами-знакомыми» очень высока, а это значит, что после воздействия на системы, влияющие на состав отработавших газов, обязательный контроль не проводится. В такой ситуации выбросы вредных соединений значительно увеличиваются (рисунок 1.3.).

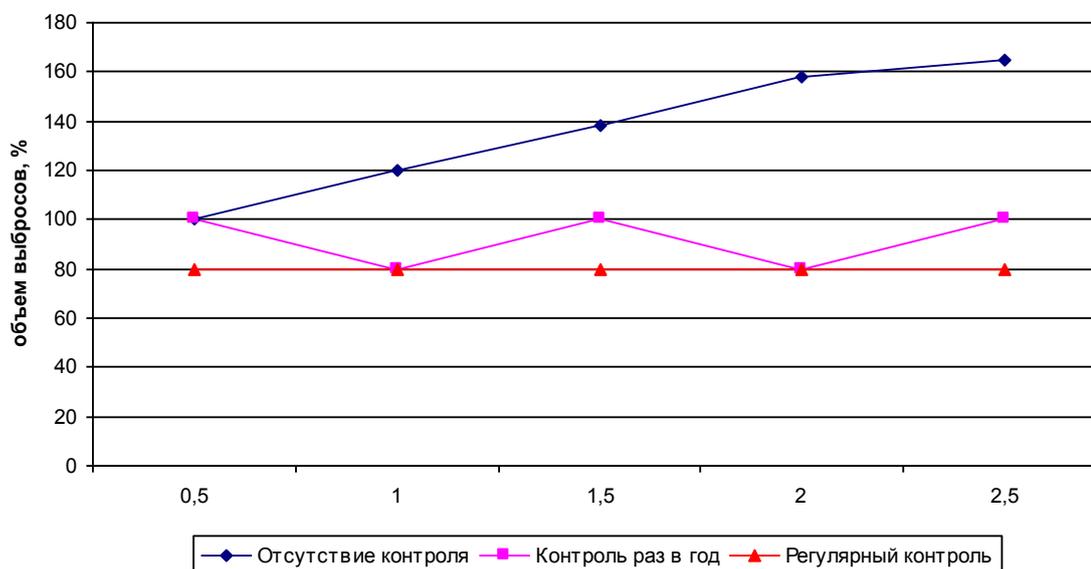


Рисунок 1.3 – Зависимость объемов выбросов от периодичности контроля состава отработавших газов

Учитывая сложившуюся ситуацию, а также опыт других стран, представляется целесообразным периодичность контроля состава отработавших газов сделать меньше, чем периодичность проверки систем, влияющих на безопасность транспортных работ.

1.1.2. Мировые тенденции контроля показателей вредных выбросов

Действующие в настоящее время Правила ЕЭК ООН устанавливают требования к показателям выбросов вредных веществ (ВВ) автотранспортными средствами. Информация об изменениях этих требований регулярно публикуется в отчётах работы сессий Всемирного форума по согласованию правил в области транспортных средств (WP.29) и является основополагающей для российских автотранспортников, поскольку Госстандарт принял постановление от 26 мая 1999 г. № 184 о применении Правил ЕЭК ООН по безопасности автотранспорта для производителей АТС на территории РФ.

При анализе существующих экологических характеристик автомобильного транспорта эксплуатируемого на территории РФ, и перспектив их изменения на ближайшие и более отдаленные периоды времени следует принимать во внимание:

– общие мировые тенденции изменения экологических показателей автотранспорта прежде всего, – европейские, которым на протяжении последних четырех десятилетий следует с определенным отставанием, но неукоснительно, Россия – как участник Женевского Соглашения 1958 г. о сертификации АТС;

– складывающиеся в РФ объективные условия для коренного реформирования технологической базы в сферах производства и эксплуатации автотранспорта, а также в топливно-энергетическом комплексе страны;

– факторы повышения общего благосостояния населения и финансового положения предприятий, эксплуатирующих автомобильный транспорт, резко удорожаемый по мере внедрения на нем прогрессивных природоохранных технологий.

1.1.3. Обзор современных подходов к регулированию выбросов вредных веществ автотранспортом в странах ЕЭС и России

Правила № 49-04 ЕЭК ООН распространяются на АТС категорий М₁ полной массой более 3,5 т, М₂, М₃, N₁, N₂, N₃ с дизелями и газовыми двигателями. Правила с поправкой серии 03 устанавливают требования Евро-3 (2000 г.), Евро – 4 (2005 г.) и Евро –5 (2008 г.). Поправка 04, введенная с 31

января 2003 г., не предусматривает каких-либо новых нормативных требований, по сравнению с предыдущей 03 серией поправок. Этой поправкой в основном уточнена редакция ряда положений, введено значительное количество технических дополнений по процедурам испытаний. Принципиально новым является введение требований и процедур в отношении дизелей, работающих на этиловом спирте (этаноле)

Правила № 49-03 (04) уже в первом варианте утверждения (Евро –3), существенным образом отличаются от предыдущей версии (49 – 02В, Евро – 2) как в отношении процедур испытаний, так и «жесткости» норм на выбросы ВВ. Ужесточение требований 2000 года (Евро – 3) по отношению к Евро – 2 составляет 30...40 %, требований 2005 года (Евро –4) по отношению к Евро – 2 – 60...70 %. Процедура испытаний включает 3 различных цикла: ESC и ETC, предназначенных для определения газообразных и аэрозольных выбросов (частицы) ВВ, и ELR – для определения дымности (оптической плотности) отработавших газов.

Существует следующий порядок применения испытательных циклов:

– для испытания «обычных» дизелей, включая двигатели с электронным управлением топливоподачей, системой рециркуляции ОГ, окислительными нейтрализаторами, применяются циклы ESC и ELR;

– для испытаний двигателей, оснащенных такими средствами уменьшения выбросов, как, например, восстановительные нейтрализаторы NO_x и уловители частиц, применяются все указанные циклы – ESC, ELR, ETC;

– газовые двигатели испытываются только по циклу ETC.

Предельные значения содержания ВВ в ОГ по Правилам № 49-04 приведены в таблицах 1.8 и 1.9.

Таблица 1.8 – Предельные величины содержания ВВ в ОГ при выполнении ESC и ELR циклов

	Оксид углерода (СО), г/кВт-ч	Углеводороды (НС), г/кВтч	Оксиды азота (NO _x), г/кВтч	Частицы (РТ), г/кВтч	Дымность, М ⁻¹
А (2000)	2,1	0,66	5,0	0,10;0,13(1)	0,8
В1 (2005)	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
В2 (2008)	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5
С (EEV) ⁽²⁾	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15

Примечания: 1 – для двигателей с рабочим объемом менее 0,75 дм³ на цилиндр и номинальной частотой вращения 3000 мин⁻¹;

2 – так называемые «форсированные» требования, которые принимаются в соответствующих государствах на добровольных началах.

A 2000	M ⁽²⁾	cc										
		-	Все	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
		I	RW <1,305	2,3	0,64	0,20	-	0,15	0,50	-	0,56	0,05
		II	1,305 < RW < 1,760	4,17	0,80	0,25		0,18	0,65		0,72	0,07
		III	1,760 < RW	5,22	0,95	0,29	-	0,21	0,78	-	0,86	0,10
B 2005	M ⁽²⁾	-	Все	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
	N ⁽³⁾	I	RW <1,305	1,0	0,50	0,10	-	0,08	0,25	-	0,30	0,025
		II	1,305 <RW< 1,760	1,81	0,63	0,13		0,10	0,33		0,39	0,04
		III	1,760 < RW	1,27	0,74	0,16	-	0,11	0,39	-	0,46	0,06

Примечания: 1 – только для дизелей; 2 – кроме автомобилей, максимальная масса которых превышает 2500 кг; 3 – включая автомобили категории М, указанные в примечании 2.

Правила № 83-05 от предыдущей 04 серии отличаются следующими принципиальными поправками:

– упразднена фаза прогрева двигателя 40 с, в течение которой отбор проб не производится;

– введен новый вид испытаний (тип 6) по определению выбросов ВВ (оксида углерода и углеводородов) при низкой температуре (-7 °С). В этом случае выполняется только первая часть цикла («городская»). Предельные значения выбросов при этом испытании: СО – 15 г/км; СН – 1,8 г/км;

– изменена процедура испытаний типа 4 (топливные испарения). Как и прежде, испытание состоит из двух частей: «горячая» фаза (hot soak) и «суточные» испарения (diurnal test). По сравнению с Правилами 83 предыдущих версий, изменилась процедура испытаний при определении суточных испарений. Теперь по заданному алгоритму осуществляется подогрев всей испытательной камеры, а не бака автомобиля, как раньше. Длительность второй фазы испытаний составляет 24 часа (раньше – 1 час). Предельное значение выбросов по двум фазам, как и раньше – 2 г/исп;

– введено принципиально новое требование о контроле показателей токсичности АТС в реальной эксплуатации. Детально регламентированы процедуры проверок, распределение функций, ответственность и порядок взаимодействия производителя и органов контроля за соблюдением соответствия установленным при сертификации требованиям на протяжении 80 тыс. км;

– введено требование об обязательном наличии в составе транспортного средства системы бортовой диагностики.

Бортовая диагностика должна идентифицировать ухудшение экологических показателей АТС сверх установленных пределов и неисправности элементов конструкции, влияющих на экологические показатели, таким образом, чтобы ни при каких обстоятельствах на протяжении пробега 80 тыс. км. не были превышены предельные значения выбросов (для бортовой диагностики). При этом непосредственно должны контролироваться:

- снижение эффективности нейтрализатора по углеводородам;
- пропуски сгорания в двигателе (с искровым зажиганием);
- ухудшение параметров кислородного датчика;
- неисправности других элементов, нарушение работы которых может привести к увеличению выбросов вредных веществ сверх значений, приведенных в таблице 1.10;
- система продувки адсорбера.

С 21 февраля 2002 г. введено дополнение 2 к поправкам серии 05, оговаривающее требования к устройствам для ограничения выбросов (например, каталитический нейтрализатор, сажевый фильтр), конструкция которых предусматривает периодическую регенерацию.

В рабочей группе по загрязнению воздуха и экономии энергии (GRPE) подготовлен проект дополнения 3 к Правилам № 83-05, регламентирующий требования и процедуры испытаний гибридных автомобилей (TRANS/WP.29/GRPE/2003/5).

1.2. Снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду

1.2.1. Уменьшение токсичности ОГ путем конструктивных усовершенствований двигателей

В общем случае ограничение загрязнения атмосферы, вызванного автомобилизацией, как уже отмечалось, сводится к выполнению трех основных положений:

▶ совершенствование автомобиля и его технического состояния (совершенствование конструкции автомобиля, создание новых типов силовых установок, применение новых видов топлива, поддержание технического состояния автомобиля);

▶ рациональная организация перевозок и движения (совершенствование дорог, выбор парка подвижного состава и его структуры, оптимальная маршрутизация автомобильных перевозок, организация и регулирование дорожного движения, рациональное управление автомобилем);

▶ ограничение распространения загрязнения от источника к человеку (транспортная планировка городов, специальные защитные сооружения, градостроительные мероприятия):

Одно из основных мероприятий снижения ОГ до величин, регламентированных существующими стандартами, – совершенствование конструкции современного двигателя внутреннего сгорания (ДВС) с искровым зажиганием. Проведенными многочисленными исследованиями установлено, что наибольшее влияние на токсичность ОГ оказывают изменения, вносимые в систему питания и зажигания ДВС, поскольку эти системы во многом определяют процесс воспламенения и сгорания рабочей смеси.

Совершенствование системы питания ДВС, позволяющее добиться более равномерного распределения рабочей смеси по цилиндрам, обеспечить

ее оптимальный состав для каждого режима работы и возможность работы на бедных смесях, влияет в основном на количество продуктов неполного сгорания в ОГ.

Работы ведутся в следующих направлениях:

- ▶ улучшение качества процесса смесеобразования во впускной системе;
- ▶ улучшение распыливания топлива в карбюраторе;
- ▶ применение регуляторов принудительного холостого хода;
- ▶ обеспечение равномерного распределения смеси по цилиндрам.

Улучшение качества процесса смесеобразования и распыливания топлива позволяет повысить предел обеднения рабочей смеси и увеличить полноту ее сгорания. В настоящее время разработан ряд конструкций карбюраторов, в которых распыливание топлива происходит при высоких (близких к звуковым) скоростях движения воздуха. ВАЗ разработана система «Каскад». В нее входит автономная система холостого хода в комплексе с клапаном принудительного холостого хода. Система использована в карбюраторах автомобилей ВАЗ.

При использовании этих карбюраторов значительно улучшается процесс смесеобразования, особенно в режимах холостого хода. Минимальное содержание СН в ОГ снижается, двигатель устойчиво работает на холостом ходу, а содержание СО, в этом режиме, находится в пределах 0,2...0,3% по объему.

Подогрев впускного трубопровода также приводит к улучшению процесса смесеобразования, так как при этом быстрее и полнее происходит испарение топлива: выделение СО и C_nH_m уменьшается, но выделение NO_x увеличивается. Подогрев смеси целесообразно вводить при работе ДВС на холостом ходу и малых нагрузках. Особенно необходим подогрев смеси при эксплуатации автомобиля в зимнее время года.

В случае отключения жиклера холостого хода снижается расход топлива и выброс СО, но увеличивается выброс C_nH_m , так как часть топлива из каналов холостого хода уносится воздухом. При переходе с режим принудительного холостого хода наблюдаются «провалы», неустойчива работа двигателя на холостом ходу. Поэтому применяется, как правило одновременное отключение подачи топлива и воздуха в режиме принудительного холостого хода (система "Каскад"). При этом снижаются выбросы и СО и C_nH_m .

В многоцилиндровых карбюраторных двигателях нередко наблюдаются неравномерное распределение рабочей смеси по цилиндрам, что вызывает повышенное содержание продуктов неполного сгорания в ОГ, Эффективный метод снижения неравномерности распределения смеси и цилиндров - применение систем непосредственного впрыска топлива. Содержание C_nH_m в ОГ автомобилей, оборудованных системами впрыск топлива, составляет около 0,8... 1% от объема. При этом возрастает мощность двигателя и снижается расход топлива. Наилучшие результаты получены при электронном управлении впрыском топлива.

Существенное влияние на состав оказывает регулировка системы

холостого хода. Оптимальная регулировка позволяет снизить содержание СО на 30% и C_nH_m на 15% при некотором увеличении (до 5%) содержания NO_x в ОГ. В конструкциях современных карбюраторов сейчас применяются различные ограничивающие устройства, исключая перерегулировку системы холостого хода в больших пределах в процессе эксплуатации.

Совершенствование системы зажигания играет большую роль в процессе сгорания рабочей смеси в цилиндрах. На многих автомобилях в системе зажигания предусмотрены устройства, обеспечивающие установку поздних углов опережения зажигания, иногда даже после верхней мертвой точки (ВМТ). При этом процесс сгорания смеси затягивается на такте расширения, нередко до открытия выпускного клапана. Концентрация СО и NO_x в ОГ ДВС практически не меняется, а концентрация C_nH_m уменьшается. Это объясняется увеличением температуры ОГ и догоранием C_nH_m в выпускной системе. Отрицательным последствием работы ДВС при позднем зажигании является снижение КПД и некоторое увеличение расхода топлива.

Второе направление совершенствования системы зажигания - обеспечение стабильной мощной искры на свече. Это привело к появлению систем зажигания с увеличенным временем разряда или подачей серии искр. Применение транзисторных систем зажигания, обеспечивающих мощный разряд, позволяет снизить содержание C_nH_m в ОГ до 10% с одновременным повышением надежности системы [1, 29, 31].

Как уже отмечалось, ОГ ДВС являются не единственным источником загрязнения атмосферы C_nH_m . Около 35% C_nH_m попадают в атмосферу с картерными газами и при испарении топлива из карбюратора и топливного бака.

Самым распространенным способом предотвращения попадания в атмосферу C_nH_m с картерными газами является использование замкнутой системы вентиляции картера.

ОГ (C_nH_m), попавшие в картер ДВС, очищаются в маслоотделителе от капелек масла, поступают в воздушный фильтр, а затем в карбюратор, и сгорают в цилиндре.

При замкнутой системе вентиляции картера выброс уменьшается на 10...50%, но приблизительно в 2 раза увеличивается содержание бенз(а)пирена в ОГ. Это объясняется тем, что во впускную систему вместе с ОГ попадают пары масла, которые затем сгорают в ДВС.

Для уменьшения испарения топлива на автомобилях устанавливается система управления паров бензина (СУПБ). Такие системы монтируются на автомобилях ВАЗ, предназначенных для экспорта в Северную Америку. СУПБ работает следующим образом: при неработающем ДВС в случае достижения определенного давления паров в топливном баке они через трехпозиционный клапан поступают в адсорбер, представляющий собой емкость с активированным углем.

В адсорбере пары топлива накапливаются. При работающем ДВС через адсорбер просасывается воздух, который уносит накопившиеся пары топлива во впускную систему двигателя. При работающем двигателе магистраль,

связывающая топливный бак и адсорбер, перекрыта.

У автомобиля, оборудованного СУПБ, количество C_nH_m , попадающее в атмосферу при испарении топлива, уменьшается в 5 раз.

Состав ОГ в наибольшей степени определяется техническим состоянием ДВС. На ДВС приходится 84% неисправностей, влияющих на выброс токсичных веществ. Очевидно, что старые автомобили в эксплуатации имеют значительно более высокую токсичность ОГ, чем новые. Это объясняется изменением в результате эксплуатации технического состояния и регулировок систем питания и зажигания, газораспределительного механизма, износом цилиндро – поршневой группы, отложением нагара на стенках камеры сгорания, увеличением потерь в трансмиссии и сил сопротивления движению.

Поддержание технического состояния автомобиля в период его эксплуатации позволяет значительно уменьшить загрязнение атмосферы продуктами неполного сгорания топлива (в среднем на 30...40% для одного автомобиля). В итоге цифра получается очень значительная, поскольку основную часть парка составляют автомобили со средними и большими пробегами.

Токсичность двигателя с искровым зажиганием можно существенно уменьшить путем: совершенствования конструкции и формы камеры сгорания, впускной и выпускной систем двигателя, введения оптимальных регулировок состава смеси и угла опережения зажигания, применения непосредственного впрыска топлива, организации послойного смесеобразования, перепуска ОГ во впускную систему, впрыска воды, поддержания двигателя в должном техническом состоянии, рациональной его эксплуатации.

На выделение токсичных веществ двигателем с искровым зажиганием большое влияние оказывает состав смеси и угол опережения зажигания. Подбирая оптимальные в отношении токсичности регулировки указанных параметров, можно значительно уменьшить выделение токсичных веществ. Это в равной мере относится и к карбюраторным, и дизельным двигателям.

Наибольшее количество токсических веществ двигатель выделяет при ускорении и замедлении автомобиля, а также на режиме холостого хода. Поэтому в первую очередь указанные выше параметры регулируются на этих режимах. Влияние регулировок состава смеси α и угла опережения зажигания Q на концентрацию токсичных веществ в ОГ карбюраторного двигателя при разгоне автомобиля приведено в таблице 1.11.

Оптимальные регулировки двигателя являются эффективным средством для уменьшения токсичности двигателей (по продуктам неполного сгорания).

Признанным методом уменьшения выделения оксидов азота с ОГ является перепуск части газов во впускную систему двигателя. С 1973 г. предполагалось широкое применение этой системы на американских автомобилях.

Таблица 1.11 – Количество токсичных веществ в зависимости от скорости автомобиля

Скорость автомобиля, км/ч	Количество токсичных веществ		Скорость автомобиля, км/ч	Количество токсичных веществ	
	СН, в чнм	СО, в %		СН, в чнм	СО, в %
0...40 24...48	a=0,87*		0...40 24...48	Q = 10° до В.М.Т.	
	520 590	3,1 3,1		205 235	0,4 0,3
0 ...40 24...48	a= 1,0		0...40 24...48	Q = 10° до В.М.Т.**	
	205 235			145 185	0,6 0,4

*величина $a = 0,87$ и $Q = 10^\circ$ до В.М.Т. соответствуют заводским регулировкам;

**угол опережения зажигания для режимов холостого хода.

Концентрация NO_x в ОГ двигателя зависит от максимальной температуры и наличия свободного кислорода в продуктах сгорания.

Уменьшение выделения NO_x с помощью рециркуляции части ОГ объясняется понижением максимальной температуры процесса сгорания из-за уменьшения количества топлива, поступающего в цилиндр при рециркуляции, и большей теплоемкости продуктов сгорания по сравнению с теплоемкостью воздуха.

Введение системы рециркуляции несколько ухудшает динамические качества автомобиля. При работе двигателя на этилированном бензине в системе рециркуляции и камере сгорания образуются отложения, которые содержат в основном свинец. Это приводит к нарушению ее нормальной работы.

Впрыск воды во впускной трубопровод двигателя (рисунок 1.4) приводит к понижению максимальной температуры цикла и, следовательно, к снижению концентрации NO_x при работе с различными a . Наибольший эффект достигается при отношении количества воды G_B к количеству топлива G_T , равном 1,25, и $a = 0,925$. Впрыск воды несколько улучшает мощностные и экономические показатели двигателя. Только при $a=0,925$ и больших подачах воды показатели начинают ухудшаться.

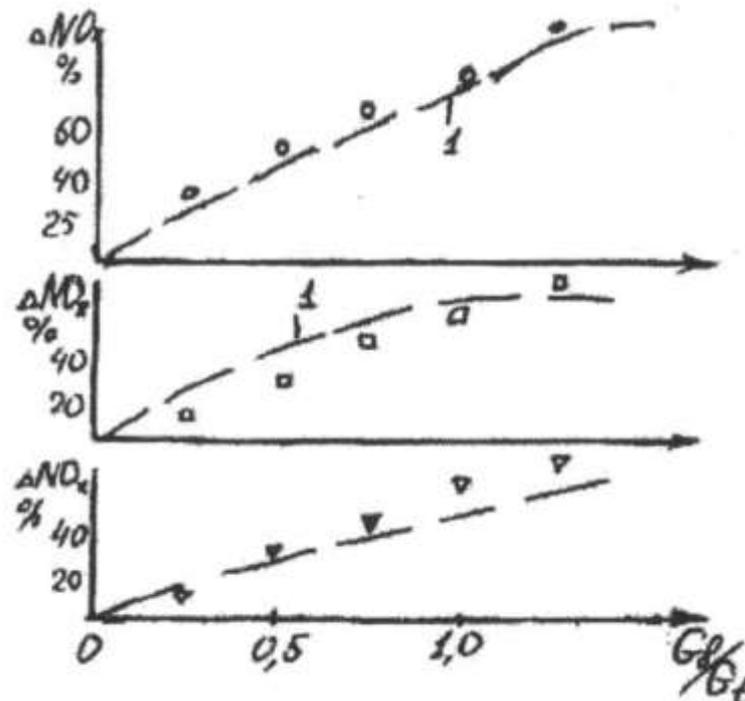


Рисунок 1.4 – Уменьшение концентрации NO_x в ОГ двигателя с искровым зажиганием при впрыске воды:

1 – расчетные кривые; точки \circ , \square , Δ — опытные данные соответственно при $a = 0,93$; $1,0$ и $1,08$.

Однако, для массового автомобиля система вряд ли найдет применение из-за усложнения конструкции и необходимости иметь запас воды, соизмеримый с запасом топлива.

Относительное изменение выделения оксидов азота в зависимости от коэффициента избытка воздуха, полученное обработкой опытных данных по различным двигателям, показывает, что уменьшение концентрации оксидов азота возможно при обогащении смеси до $a = 0,6 \dots 0,8$ или обеднении до $a > 1,15$. Работа двигателя на обогащенных смесях приводит к резкому повышению концентрации продуктов неполного сгорания (CO и CH), а при обеднении смеси двигатель начинает работать неустойчиво. Для уменьшения выделения всех основных токсичных компонентов (NO_x , CO , CH) целесообразно применять глубокое расслоение смеси, при котором в первой стадии процесс сгорания происходит в зоне обогащенной смеси, а во второй стадии - в зоне обедненной смеси. Выход оксидов азота в первой стадии ограничивается недостатком кислорода, а во второй - низкой температурой. При послойном смесеобразовании обогащенная смесь находится в зоне расположения свечи зажигания. Это создает благоприятные условия для воспламенения смеси электрической искрой и формирования начального очага пламени, что обеспечивает устойчивую работу двигателя на обедненных смесях и уменьшение цикловой неравномерности. В настоящее

время известно много способов послыонного смесеобразования и сжигания неравномерно распределенной смеси. Основные из них: бесфоркамерно-факельное дожигание рабочей смеси, форкамерно-факельное сжигание, расслоение смеси внутри цилиндра с помощью вихревого движения воздуха и впрыска топлива в воздушный поток, подача дополнительного воздуха в цилиндр, применение разделенных камер сгорания. На выделение токсичных веществ двигателями влияет большое число различных эксплуатационных факторов: режим работы, температура деталей камеры сгорания, нагарообразование, износ цилиндропоршневой группы, состояние топливоподающей системы и системы зажигания.

Уменьшение выделения токсичных веществ с картерными газами может быть достигнуто двумя методами: уменьшением прорыва газов в картер двигателя и предотвращением попадания картерных газов в атмосферу.

К системам, разрабатываемым в соответствии с этими методами, предъявляются следующие требования: высокая эффективность, простота конструкции и надежность ее работы, большой срок службы. Кроме того, применяемые устройства не должны ухудшать эксплуатационные показатели двигателя и увеличивать токсичность ОГ.

Более рациональным представляется первый метод, однако второй легче реализовать. Поэтому в настоящее время более разработанными являются системы, предотвращающие попадание картерных газов в атмосферу.

Уменьшение выброса углеводородов в атмосферу вследствие испарения топлива из карбюратора и топливного бака возможно различными способами: применением топлив с меньшей испаряемостью; адсорбцией паров топлива в специальных фильтрах; герметизацией топливного бака; сбором паров топлива в специальную емкость (или картер) при неработающем двигателе; конденсацией паров топлива; вентиляцией топливного бака во впускную систему двигателя; вентиляцией топливного бака для уменьшения колебаний температуры топлива в нем.

К системе, предотвращающей образование паров топлива или улавливающей их, предъявляются следующие требования: значительное уменьшение потерь топлива за счет испарения, универсальность, т.е. возможность применения системы на различных автомобилях, простота конструкции, компактность и большой срок службы. Кроме того, система не должна увеличивать выделение токсичных веществ с ОГ (через воздействие на процесс сгорания) и ухудшать эксплуатационные показатели двигателя.

Выше было рассмотрено большое количество различных способов воздействия на рабочий процесс и конструкцию двигателя с искровым зажиганием с целью уменьшения выделения токсичных веществ. Поскольку эти способы являются или специфическими для отдельных токсических компонентов, или оказывают различное воздействие на выделение разных компонентов, представляется целесообразным обобщить способы воздействия на основные компоненты и рассмотреть некоторые комбинации

из них. Их можно сгруппировать так: уменьшение токсичности двигателей путем усовершенствования рабочего процесса и конструкции; регулировка угла опережения впрыска топлива и подбор топливной аппаратуры.

В ОГ дизелей доминируют такие токсичные вещества, как оксиды азота и сажа; кроме того, также необходимо обращать внимание на дымность и запах. Запах ОГ дизелей связан с присутствием в них ряда веществ (альдегидов и др.). В настоящее время проводятся работы по установлению связи между запахом и химическим составом ОГ. Борьба с запахом может проводиться как в направлении его устранения, так и превращения его из неприятного в приятный (добавка присадок).

Уменьшение угла опережения впрыска топлива на 1 градус снижает концентрацию NO_x в ОГ на 150...200 чнм. Содержание сажи в ОГ уменьшается с увеличением угла опережения впрыска. Таким образом, уменьшая угол опережения впрыска топлива, можно существенно снизить выделение оксидов азота дизелями, но при этом выделение сажи заметно возрастает, и для его уменьшения необходимо принимать специальные меры. Большое влияние на токсичность дизелей оказывают характеристики топливной системы, продолжительность впрыска и размеры сопловых отверстий распылителя. Следовательно, подбирая топливную аппаратуру, можно влиять на токсичность ОГ дизеля, особенно на их дымность.

Большое влияние на выделение токсичных веществ с ОГ дизелей оказывает организация процессов смесеобразования и сгорания. Установлено, что двухкамерные (вихрекамерные и предкамерные) дизели выделяют примерно 50% оксидов азота от выбрасываемых однокамерными.

Одним из средств уменьшения выделения оксидов азота с ОГ дизелей является применение рециркуляции ОГ.

Дымность ОГ двигателей может быть уменьшена применением специальных устройств, корректирующих работу циркулятора. Эти устройства часто выполняют в виде амортизатора, который ограничивает скорость перемещения рейки топливного насоса относительно положения, соответствующего максимальной подаче.

1.2.2. Автотранспортные средства с бензиновым двигателем

1.2.2.1. Автомобильные бензины

Автомобильные бензины являются смесями бензиновых дистиллятов прямой перегонки, термического крекинга, платформинга и каталитического крекинга. По мере совершенствования процессов каталитического крекинга и риформинга доля дистиллятов этих процессов в автомобильных бензинах увеличивается за счет снижения доли дистиллятов прямой перегонки и термического крекинга. Схема фракционного состава бензина представлена на рисунке 1.5.

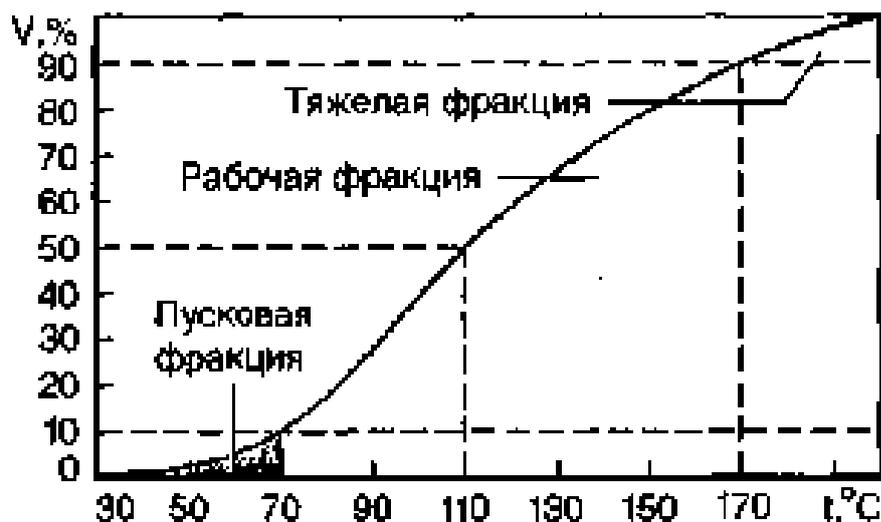


Рисунок 1.5 – Фракционный состав бензина

1.2.2.2. Детонационная стойкость. Октановое число. Калильное зажигание

Детонационное сгорание. При нормальном сгорании бензина скорость распространения пламени составляет от 25 до 35 м/с. При определенных условиях сгорание может стать взрывным, детонационным, при котором пламя распространяется со скоростью от 1500 до 2500 м/с. Образующиеся при этом детонационные волны многократно отражаются от стенок цилиндра, вызывая резкие звонкие металлические звуки, вибрацию двигателя, периодически возникающий черный дым и желтое пламя в выпускных газах. Мощность двигателя падает, его детали перегреваются. В результате перегрева увеличивается износ деталей, появляются трещины, выгорают поршни и клапаны.

На рисунке 1.6 показана индикаторная диаграмма с искровым зажиганием рабочей смеси при работе с детонацией.

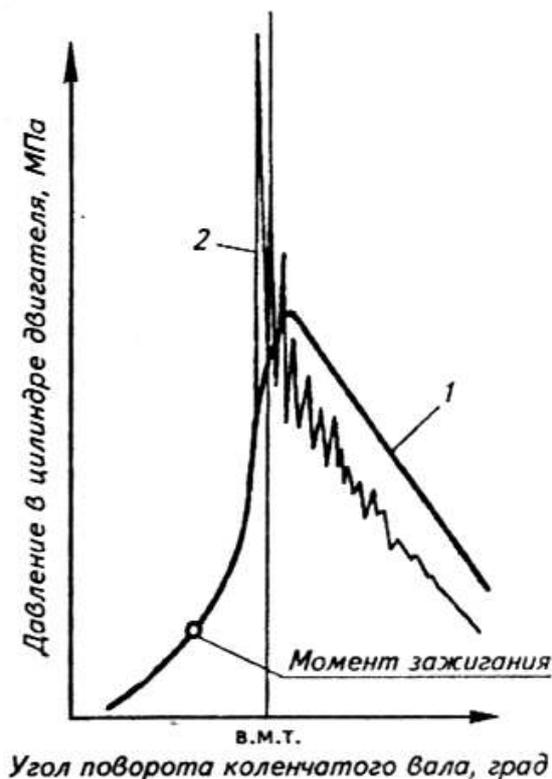


Рисунок 1.6 – Индикаторная диаграмма бензинового двигателя:
1 – нормальное сгорание; 2 – детонационное сгорание

Детонация возникает в конце процесса сгорания, когда большая часть смеси уже сгорела. Процесс сгорания происходит так же, как и нормальный, однако в конце сгорания на индикаторной диаграмме регистрируется колебательный характер изменения давлений. Сначала наблюдается резкий рост давления в виде острых пиков, а затем давление постепенно падает, что изображено на диаграмме рядом затухающих пиков.

Возникновение детонации в двигателях объясняется наиболее признанной перекисной теорией, основоположником которой является академик А. Н. Бах. Большой вклад в изучение процесса детонационного сгорания внес лауреат Нобелевской премии Н. Н. Семенов. Детонационное сгорание бензина связано с образованием и распадом первичных продуктов окисления углеводородов — пероксидов, которые представляют собой очень непрочные, легко разлагающиеся вещества, обладающие большой избыточной энергией. Чем выше температура, тем быстрее скорость окисления углеводородов.

На рисунке 1.7 показана схема детонационного сгорания бензина в двигателе.

При такте сжатия свежая топливная смесь смешивается с остаточными газами. Поршень перемещается от нижней мертвой точки к верхней мертвой точке при закрытых впускном и выпускном клапанах, сжимая рабочую смесь. По мере уменьшения объема рабочей смеси ее давление и температура повышаются. В конце такта сжатия давление составляет 1...1,7 МПа, а температура — 330...340°С. Скорость окисления углеводородов также

повышается, особенно после воспламенения рабочей смеси.

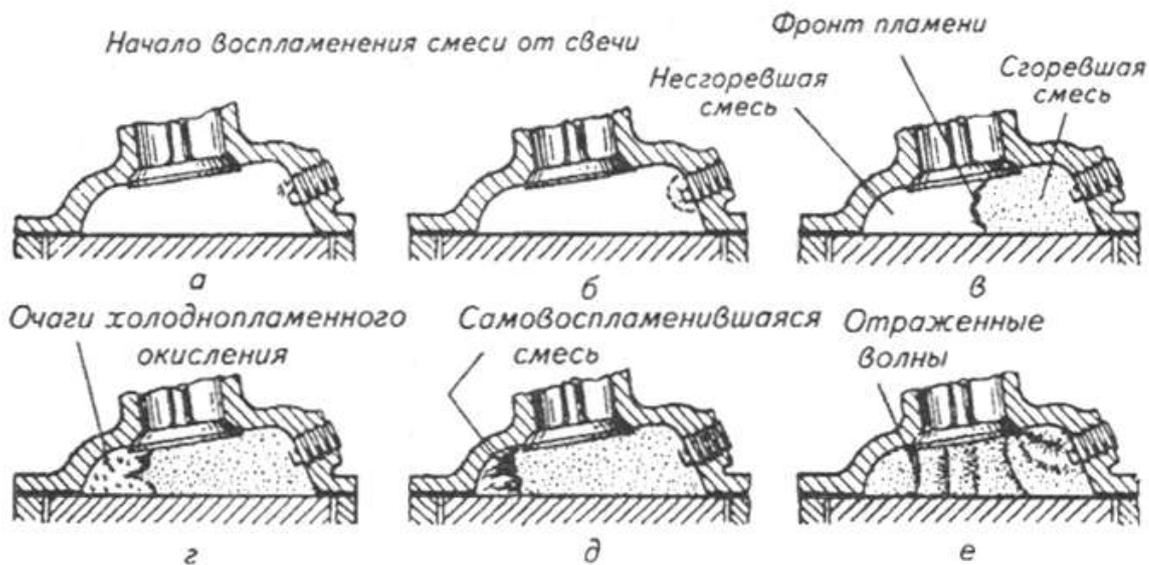


Рисунок 1.7 – Схема детонационного сгорания бензина в двигателе:

- а* – сжигание смеси искровой свечи; *б* – формирование очага горения; *в* – движение фронта пламени при нормальном сгорании; *г* – образование очагов холоднотламенного окисления в несгоревшей смеси; *д* – образование детонационной волны; *е* – движение отраженных волн.

По мере ее сгорания температура и давление в несгоревшей части рабочей смеси увеличиваются, что способствует образованию большого количества пероксидов. Особенно продолжительно высокие температура и давление действуют на последние порции несгоревшей рабочей смеси, поэтому в них образуется много пероксидов и создаются благоприятные условия для перехода нормального сгорания в детонационное. Однако если в состав бензина входят углеводороды, не образующие большого количества пероксидов, то их концентрация не достигает критических значений и сгорание заканчивается нормально.

Если в последних порциях рабочей смеси образуется много пероксидов, то концентрация их достигает критического значения и происходят взрывной распад, цепочно-тепловой взрыв, самовоспламенение смеси. Сгорание рабочей смеси идет с большой скоростью и резким повышением давления, возникает ударная волна, перемещающаяся по камере со сверхзвуковой скоростью. Ударная волна стимулирует воспламенение соседних слоев рабочей смеси.

При детонации значительно повышается отдача теплоты газов стенкам камеры сгорания. Двигатель перегревается, происходит разрушение поверхности камеры сгорания, днища поршня и антифрикционного слоя латунных подшипников. Прокладки между блоком цилиндров и головкой прогорают. Повышается износ поршневых колец и зеркала цилиндра, так как детонационные волны, многократно отражаясь от поверхности цилиндров, снимают с них слой смазочного материала (масла). Часть бензина и продуктов

неполного сгорания перемешивается внутри камеры сгорания с продуктами полного сгорания и не сгорает. Поэтому снижается мощность двигателя, повышается расход бензина, увеличивается дымность и появляется пламя в выпускных газах.

Влияние различных факторов на возникновение детонации в двигателе следует рассматривать в свете перекисной теории, согласно которой повышение давления и температуры рабочей смеси, а также увеличение времени пребывания последних не-сгоревших порций рабочей смеси в камере сгорания приводят к образованию критических концентраций пероксидов и детонационному сгоранию.

На возникновение и интенсивность детонации влияют как конструкционные, так и эксплуатационные факторы. К конструкционным факторам относятся степень сжатия рабочей смеси, диаметр цилиндров двигателя, форма камеры сгорания, материал головки и поршней, место расположения свечей и другие.

При увеличении степени сжатия возрастают давление и температура рабочей смеси. Следовательно, чем выше степень сжатия, тем значительнее детонация. В двигателе с большим диаметром цилиндров при других одинаковых условиях детонация усиливается вследствие ухудшения условий охлаждения камеры сгорания и повышения в связи с этим температуры рабочей смеси.

Форма камеры сгорания должна быть компактной, без мест перегрева и поверхностей, значительно удаленных от свечей зажигания. В бензиновых двигателях широко применяют головки цилиндров с клиновидной камерой сгорания и двусторонним размещением клапанов.

Изготавливая головки и поршни из алюминиевых сплавов, а не из чугуна, можно существенно улучшить отвод теплоты из камеры сгорания и снизить температуру рабочей смеси, а следовательно, и детонацию.

С целью предотвращения детонации свечи зажигания помещают вблизи нагретой зоны у выпускного клапана. При этом в первую очередь воспламеняется более нагретая часть рабочей смеси. В некоторых двигателях свечи располагают наклонно сбоку в углублении — наиболее нагретом месте стенки головки цилиндра.

К эксплуатационным факторам относятся угол опережения зажигания, частота вращения коленчатого вала, температура и влажность окружающего воздуха, состав топливной смеси, количество отложений на поршневой группе, температура охлаждающей жидкости и т. д. С уменьшением угла опережения зажигания детонация в двигателе значительно снижается или полностью исчезает. Это происходит в связи с сокращением времени на развитие процесса детонации и снижением температуры и давления газов в цилиндре во время рабочего хода поршня.

С увеличением частоты вращения коленчатого вала детонация снижается, так как уменьшается время пребывания рабочей смеси в камере сгорания за счет повышения скорости распространения пламени. Количество пероксидов при этом не успевает достичь критического значения, что

затрудняет процесс развития детонационного сгорания смеси.

Высокая влажность воздуха также приводит к снижению детонации. В летний период при высоких температурах окружающего воздуха детонация проявляется в большей степени, чем зимой. Работа двигателя как на бедных, так и на богатых топливных смесях сопровождается снижением детонации. Нагар на днище поршня увеличивает степень сжатия и тем самым способствует детонации. Образование нагара в зоне поршневых колец затрудняет отвод теплоты, повышает температуру поршня и газов в камере сгорания и также способствует детонации.

На процесс сгорания в двигателе существенно влияет и температура охлаждающей жидкости. С ее увеличением ухудшается отвод теплоты от стенок цилиндра, повышаются температура рабочей смеси в камере сгорания и детонация. При несоблюдении правил технического обслуживания системы охлаждения в рубашке двигателя образуется накипь, имеющая низкую теплопроводность, в результате чего повышается температура цилиндро-поршневой группы и рабочей смеси, что приводит к возникновению детонации.

Калильное зажигание. Явление детонации следует отличать от неконтролируемого самовоспламенения рабочей смеси в двигателе, называемого калильным зажиганием. В этом случае зажигание происходит не от электрической искры, а преждевременно от перегретых частей камеры сгорания. Наиболее часто неуправляемое самовоспламенение наблюдается в автомобильных высокофорсированных двигателях, работающих на бензинах с повышенным содержанием ароматических углеводородов.

Калильное зажигание может возникать как от нагретых металлических поверхностей, так и от нагаров. Его внешние признаки такие же, как и у детонации, хотя это явление не имеет ничего общего с детонацией. Процесс сгорания при калильном зажигании происходит с нормальными скоростями. Однако в двигателе калильное зажигание может одновременно сопровождаться и детонацией, так как преждевременное самовоспламенение рабочей смеси воздействует на процесс сгорания так же, как и установка увеличенного угла опережения зажигания, приводящего к возникновению детонации.

При калильном зажигании в результате сильного перегрева выключенный двигатель продолжает работать. Для предотвращения калильного зажигания в бензин вводят фосфорсодержащие присадки, образующие нагары. В состав этих присадок входят фосфаты свинца, обладающие более высокой температурой воспламенения (затлевания).

Основные меры предотвращения калильного зажигания — конструктивное улучшение камер сгорания; применение «холодных» свечей и клапанов с натриевым охлаждением. На малофорсированных двигателях внутреннего сгорания с низкой степенью сжатия устанавливают так называемые «горячие» свечи с короткой юбкой изолятора, которые хорошо прогреваются и не имеют нагара на юбке. На высокофорсированных двигателях с высокой степенью сжатия применяют «холодные» свечи зажигания с длинной юбкой, которая хорошо отводит теплоту, тем самым

предотвращая преждевременное воспламенение рабочей смеси при соприкосновении с раскаленным изолятором и электродами.

На детонационную стойкость топлива существенно влияет химический состав входящих в него углеводородов. Нормальные парафиновые углеводороды легко окисляются в паровой фазе и поэтому склонны к детонации. Чем выше молекулярная масса парафиновых углеводородов, тем легче они окисляются. Ароматические углеводороды стойки к окислению и имеют высокую детонационную стойкость. Нафтеновые и непредельные углеводороды по склонности к детонации занимают промежуточное положение между парафиновыми и ароматическими углеводородами.

Таким образом, при одинаковом фракционном составе бензин, содержащий большое количество парафиновых углеводородов изомерного строения и ароматических углеводородов, обладает лучшими антидетонационными свойствами по сравнению с бензином, содержащим большое количество N-парафиновых углеводородов. Бензин облегченного фракционного состава при одинаковом групповом химическом составе обладает лучшей детонационной стойкостью по сравнению с бензином, имеющим более тяжелый фракционный состав.

К признакам детонационного сгорания бензина относятся: характерный резкий металлический стук в цилиндрах, вибрация и неустойчивая работа двигателя, периодически появляющийся черный дым отработавших газов. При длительной эксплуатации двигателя с детонацией могут возникнуть механические повреждения его деталей: прогар поршней и клапанов, пригорание поршневых колец, разрушение изоляции свечей, выкрашивание вкладышей шатунных подшипников.

1.2.2.3. Антидетонационные свойства

Одним из наиболее важных эксплуатационных свойств бензинов является их детонационная стойкость.

Детонационная стойкость бензина зависит от его углеводородного состава. Наибольшей детонационной стойкостью обладают ароматические углеводороды, меньшей — изопарафиновые углеводороды.

Детонационную стойкость бензинов оценивают октановым числом (ОЧ). У топлив с более высоким ОЧ при прочих равных условиях менее вероятно возникновение детонации. Октановое число автомобильных бензинов определяют двумя методами — моторным (на установке ИТ9-2М) и исследовательским (на установке ИТ9-6). Установка ИТ9-6 позволяет определять октановые числа по обоим методам.

Моторным методом ОЧ определяют на одноцилиндровой установке ИТ9-2М, позволяющей проводить испытания с переменной степенью сжатия (от 4 до 10 единиц). На ней сравнивают детонационную стойкость исследуемого бензина с эталонным топливом, в состав которого входят два углеводорода: изооктан и нормальный гептан. Разное строение при близких физических свойствах этих углеводородов обуславливает резкое отличие их

детонационной стойкости. ОЧ изооктана — углеводорода парафинового ряда изомерного строения, отличающегося высокой детонационной стойкостью (начинает детонировать только в двигателях с очень высокой степенью сжатия), — принято за 100 единиц. ОЧ сильно детонирующего гептана С7Н16 — углеводорода парафинового ряда, нормального цепочного строения — принято за 0 единиц. Смесь изооктана и нормального гептана имеет ОЧ, равное процентному содержанию в ней (по объему) изооктана.

Октановое число (ОЧ) — условную единицу измерения детонационной стойкости бензина — указывают во всех его марках. Например, детонационная стойкость бензина марки А-76 должна быть такой же, как у эталонной смеси, состоящей из 76 – 77 % изооктана и 23 – 24 % гептана.

Исследовательским методом детонационную стойкость бензина определяют на установке ИТ9-6 в режиме работы двигателя легкового автомобиля при его движении в условиях города. В этом случае в марку бензина включают букву «И», например, АИ-95 — автомобильный бензин с октановым числом по исследовательскому методу не менее 95.

Разница в ОЧ, определенных по исследовательскому и моторному методам, составляет 7-10 единиц (при исследовательском методе величина ОЧ выше).

Октановое число, приближенно соответствующее ОЧ по исследовательскому методу, может быть определено по формуле:

$$ОЧ = 120 - 2 \left(\frac{t_{CP} - 58}{5\rho_{20}} \right)$$

где t_{CP} — средняя температура разгонки топлива, °С;
 ρ_{20} — плотность топлива при температуре + 20 °С.

Среднюю температуру разгонки топлива определяют по формуле:

$$t_{CP} = \frac{t_{HP} + t_{KP}}{2}$$

где t_{HP} — температура начала разгонки топлива, °С;
 t_{KP} — температура конца разгонки топлива, °С;

Полученное значение ОЧ сравнивают с нормами ГОСТ на бензины и дают заключение, соответствует ли данный бензин по октановому числу, определенному конкретным методом испытаний, нормам ГОСТ на данную марку бензина.

В топлива, антидетонационные свойства которых не соответствуют эксплуатационным требованиям, добавляют высокооктановые компоненты (бензол, этиловый спирт) или антидетонаторы. Самые дешевые из них —

тетраэтилсвинец (ТЭС) или *тетраметилсвинец* (ТМС) в составе этиловой жидкости.

Тетраэтилсвинец $Pb(C_2H_5)_4$ представляет собой тяжелую маслянистую бесцветную и очень ядовитую жидкость, легко растворяющуюся во всех нефтепродуктах и не растворяющуюся в воде (плотность 1652 кг/м^3 , температура кипения $200 \text{ }^\circ\text{C}$). Тетраметилсвинец $Pb(CH_3)_4$ имеет более низкую температуру кипения ($110 \text{ }^\circ\text{C}$) и более высокое давление насыщенных паров. В чистом виде тетраэтилсвинец не применяют, так как это приводит к отложению окислов свинца в камере сгорания, на клапанах и поршневых кольцах и даже выходу двигателя из строя. Поэтому в бензин вводят этиловую жидкость, представляющую собой смесь ТЭС с выносителями и красителями. В зависимости от химического состава бензина при добавлении этиловой жидкости ОЧ увеличивается на 8-12 единиц. Наибольший эффект дает добавление антидетонатора в количестве $0,5 - 1,0 \text{ г/кг}$ топлива.

Этилированные бензины являются источником свинцовых загрязнений окружающей среды и препятствием к использованию каталитических систем нейтрализации отработавших газов на автомобилях, так как их каталитическая основа быстро разрушается оксидами свинца. Поэтому, несмотря на высокие антидетонационные свойства ТЭС, поиск и разработка новых, в частности, менее токсичных, антидетонаторов продолжается.

Антидетонационная присадка на основе *метилтретбутилового эфира* (МТБЭ) не ядовита, отличается более высокой теплотой сгорания, хорошо смешивается с бензином в любых соотношениях, не агрессивна к конструкционным материалам. При добавке 10% МТБЭ октановое число бензинов повышается на $2,1 - 5,8$ единиц (по исследовательскому методу), при добавке 20 % – на $4,6-12,6$ единиц. Кроме того, при введении МТБЭ в бензин в количестве 11 % минимальная температура холодного пуска двигателя снижается на $10-12 \text{ }^\circ\text{C}$. Максимально допустимое содержание МТБЭ (ТУ 38.103704-90) или его смеси «Фетерол» (ТУ 301-03-130-93) в отечественных бензинах составляет 15 %.

В качестве антидетонационных присадок применяют также составы, содержащие марганец и железо. Они имеют высокие антидетонационные свойства и менее токсичны по сравнению с ТЭС. Однако бензины с марганцевыми антидетонаторами (ЦТМ, МЦТМ) образуют повышенные отложения на поверхностях свечей зажигания и катализаторах дожигателя, снижая эффективность их работы. Кроме того, соединения марганца при вдыхании обладают нейротоксичным действием и при массовом применении в местах скопления автомобилей на закрытых стоянках или в ремонтных зонах могут превысить предельно допустимую концентрацию. Поэтому их применение ограничено Межведомственной комиссией (МВК) при Госстандарте РФ по времени и не должно носить массового характера. Стандартом на автомобильные бензины ГОСТ Р 51105-97 предусмотрена выработка бензина «Нормаль-80» и «Регуляр-91» с содержанием марганца соответственно 50 и 18 г/дм^3 .

Железосодержащие присадки (ферроцены) не токсичны, сравнительно дешевы и эффективны, но вызывают повышенный износ деталей двигателей, интенсивное нагарообразование и отложение лаковых пленок. При концентрациях ферроценов до 40 мг/кг интенсивность изнашивания деталей снижается, но остается выше, чем при использовании бензинов без присадки. К применению допущены антидетонаторы на основе ферроцена при содержании железа в бензинах всех марок не более 37 мг/дм³.

Основные детонационные присадки представлены в таблице 1.12.

ГОСТ Р 51105-97, введенный в 1999 г., предусматривает выпуск и классификацию автомобильных бензинов в соответствии с их испаряемостью и октановым числом, определяемым исследовательским методом. В зависимости от сезона и климатического района применения (ГОСТ 16350) по показателям испаряемости автомобильные бензины делятся на 5 классов. Основные показатели качества автомобильных бензинов, их испаряемость и фракционный состав приведены в таблице 1.13.

Таблица 1.12 – Антидетонационные присадки к бензину

Наименование присадки	Количество присадки на 1 т топлива для повышения ОЧ бензина на 1 единицу, кг	Максимальное увеличение октанового числа бензина при допустимой концентрации присадки в топливе, ед
Этиловая жидкость	0,07	8

Продолжение таблицы 1.12

МТБЭ или «Фетерол»	30	4,5
Присадка МЦТМ	0,1	5
Добавка АДА	2,5	6
Добавка АвтоВЭМ	1,26	8
Добавка «Феррада»	1,33	7,5

Таблица 1.13 – Основные показатели бензинов, выпускаемых по ГОСТ Р 51105 – 97.

Наименование показателя	Нормаль – 80 ОКПО2511 2 3702	Регулятор – 91 ОКПО2511 2 3703	Премиум-95 ОКПО2511 2 3704	Супер-98 ОКПО2511 2 3704
Октановое число, не менее по моторному методу	76	82,5	85	88
по исследовательскому методу	80	91	95	98
Массовое содержание свинца г/дм ³ , не более	50	0,010		
Массовое содержание марганца мг/дм ³ не более	-	18		0,010
Содержание фактических				

смола, мг/100 см ³ , не более	-	5,0	5,0	-
Индукционный период бензола, мин. не менее	-	360	360	-
Массовая доля серы, % не более	-	0,05	0,05	-
Массовая доля бензола, % не более	-	5	5	-
Испытание на медной пластинке	-	Выдерживает, класс 1		-
Внешний вид	-	Чистый прозрачный		-
Плотность при 15 °С, кг/м ³	700 – 750	725 – 780	725 – 780	725 – 780

Примечание. Концентрацию марганца определяют только для бензинов, содержащих марганцевый антидетонатор (МЦТМ)

В связи с широким распространением автомобилей, оснащенных системами электронного управления впрыском бензина (в том числе непосредственного), все чаще стали применяться бензины с повышенной до 215 °С температурой конца кипения.

Бензин «Нормаль-80» используется для грузовых автомобилей вместо бензина А-76, а «Регуляр-91» вырабатывается взамен бензина АИ-93.

Бензины «Премиум-95» и «Супер-98» отвечают европейским стандартам.

1.2.3. Кабюраторные системы питания бензиновых двигателей

1.2.3.1. Системы питания грузовых автомобилей классической конструкции

Общее устройство и работа. В систему питания карбюраторного двигателя входят агрегаты (рисунок 1.8), необходимые для хранения и подачи топлива, очистки воздуха и приготовления горючей смеси, а также выпуска отработавших газов. Топливо помещается в топливном баке. Он расположен сбоку автомобиля на раме или под сиденьем водителя. При работе двигателя топливо из топливного бака через фильтр-отстойник подается бензонасосом 6 к карбюратору 9. Одновременно через воздушный фильтр 8 в карбюратор засасывается при такте впуска очищенный воздух. В карбюраторе образуется горючая смесь из воздуха и мелких частиц бензина, которая поступает через впускной трубопровод 4 в цилиндры двигателя.

Отработавшие газы из цилиндров отводятся через выпускной трубопровод 5 в приемные трубы, а из них к глушителю 1 и выводятся в атмосферу.

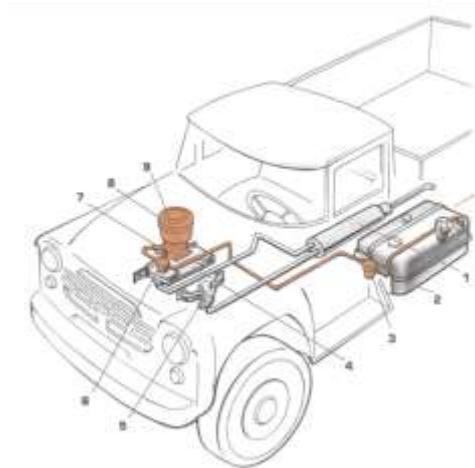


Рисунок 1.8 – Агрегаты системы питания карбюраторного двигателя:

1 – глушитель; 2 – топливный бак; 3 – фильтр-отстойник (фильтр грубой очистки топлива); 4 – впускной трубопровод; 5 – выпускной трубопровод; 6 – бензиновый насос; 7 – фильтр тонкой очистки топлива; 8 – воздушный фильтр; 9 – карбюратор.

Некоторые автомобили снабжены инжекторными двигателями с системой впрыска бензина. В цилиндры такого двигателя подается определенная порция мелкораспыленного бензина, а горючая смесь воспламеняется искрой.

1.2.3.2. Карбюраторы

Процесс приготовления горючей смеси из жидкого топлива с воздухом вне цилиндра двигателя называют *карбюрацией*, а прибор, в котором происходит этот процесс, — *карбюратором*.

Историческая справка. В 1885 году Карл Бенц установил на своем первом автомобиле (рисунок 1.9) испарительный карбюратор собственной конструкции. Спустя некоторое время он усовершенствовал этот карбюратор, добавив поплавковый клапан, чтобы уровень бензина автоматически поддерживался постоянным (рисунок 1.10).

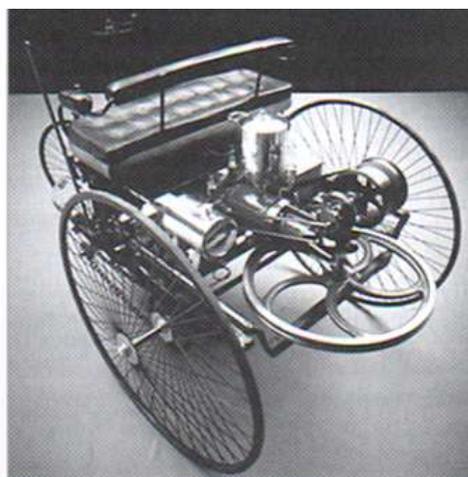


Рисунок 1.9 – Автомобиль Карла Бенца с испарительным карбюратором



Рисунок 1.10 – Усовершенствованный карбюратор с поплавковым клапаном

В 1893 г. Вильгельм Майбах создал свой жиклерный карбюратор (рисунок 1.11), в котором топливо впрыскивалось из жиклера на отражающую поверхность дефлектора, благодаря чему обеспечивался конусообразный распыл топлива (рисунок 1.12).

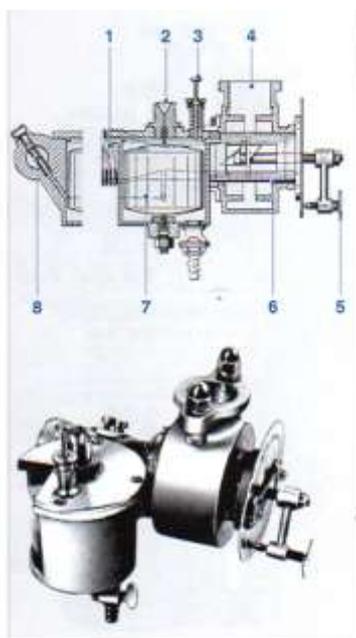


Рисунок 1.11 – Жиклерный карбюратор Майбаха:

1 – поступление воздуха; 2 – подача топлива; 3 – подпружиненный поплавок;
4 – выход рабочей смеси; 5 – стопорное устройство для поворота золотника;
6 – поворотный золотник для регулирования смеси; поплавок; 8 – жиклер.

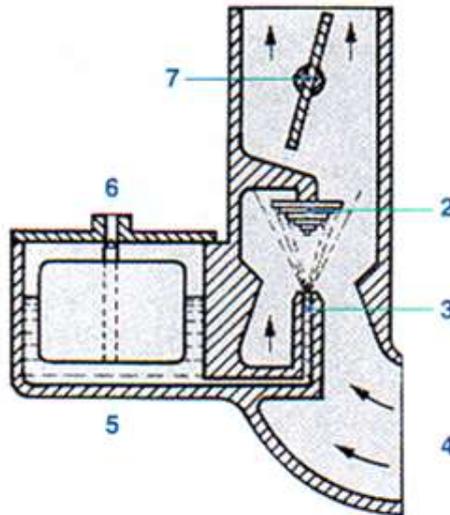


Рисунок 1.12 – Жиклерный карбюратор Майбаха с конусным распылом

1 – подача рабочей смеси к двигателю; 2 – поверхность дефлектора; 3 – топливная форсунка; 4 – поступление воздуха; поплавковая камера с поплавком; 6 – подача топлива; 7 – дроссельная заслонка.

В 1906-1907 гг. появились карбюратор Клоделя и проекты карбюраторов Франсуа Бавери, придавшие новые импульсы развитию производства карбюраторов. В этих карбюраторах (рисунок 1.13), впоследствии ставших известными под маркой ZENITH, дополнительный или уравнивающий (компенсационный) жиклер, обедняющий топливо, обеспечивает приготовление почти неизменной смеси, несмотря на возрастающую скорость потока всасываемого воздуха.

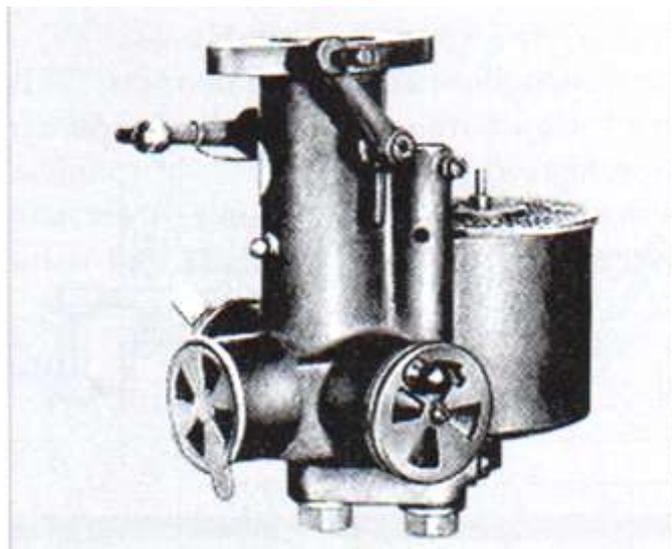


Рисунок 1.13 –Карбюратор ZENITH тип 22, 1910 года

В это же время патентные заявки на карбюраторы подали Меннесон и Гудар. Их конструкции (рисунок 1.14) приобрели мировую известность под названием SOLEX.



Рисунок 1.14 – Карбюратор SOLEX тип DHR, 1912 года

В течение последующих нескольких лет было создано огромное количество конструкций карбюраторов. Некоторые из них следует назвать: SUM, CUDELL, FAVORIT, ESCOMA, GRAETZIN. На фирме PALLAS производился запатентованный в 1906 г. карбюратор Хаака. В 1912 г.

Шуттлер и Дитрих разработали карбюратор PALLAS (рисунок 1.15) с кольцевым поплавком и комбинированным жиклером.



Рисунок 1.15 – Карбюратор PALLAS тип 1, 1914 года

Карбюратор Зихфрида Маркуса с вращающейся щеткой представлен на рисунке 1.16.

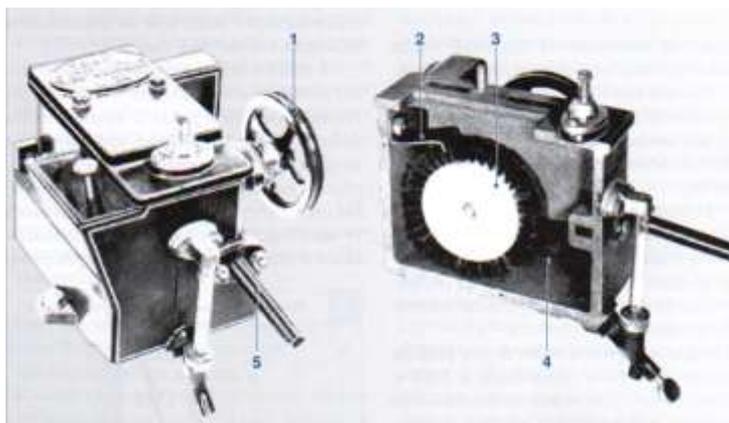


Рисунок 1.16 – Карбюратор с вращающейся щеткой Зихфрида Маркуса:

1 – приводное колесо; 2 – съемник топлива; 3 – щетка; 4 – щеточная камера; 5 – впускной патрубок

В 1914 г. Королевское военное министерство Пруссии объявило конкурс на разработку бензолового (бензинового) карбюратора. Уже тогда ставились условия обеспечения при испытаниях низкой токсичности ОГ. Среди 14 различных конкурирующих конструкций карбюраторов, которые проверялись на испытательном стенде Технического института в Шарлоттенбурге, а также в автомобилях с одинаковой мощностью, принадлежащих Германскому Управлению сухопутных войск и проехавших 800 км по тяжелым зимним дорогам, первое место было присуждено карбюратору ZENITH.

В последующие годы началась многосторонняя детальная работа по совершенствованию карбюраторов. Были разработаны различного рода конструкции и дополнительные устройства, например, поворотные золотники и воздушные заслонки в качестве устройств, облегчающих запуск, мембранные системы вместо поплавков для карбюраторов авиадвигателей, насосные системы, облегчающие разгон. Многообразие модификаций карбюраторов настолько велико, что их описание может выйти далеко за рамки этой главы.

В 20-е годы для достижения большей мощности двигателя использовались одинарные и сдвоенные карбюраторы (карбюраторы с двумя дроссельными заслонками) в качестве систем многокамерных карбюраторов (несколько синхронно управляемых одинарных или сдвоенных карбюраторов). Это многообразие вариантов карбюраторов от различных производителей во все большей степени увеличивалось в течение последующих десятилетий.

Приготовление горючей смеси в современном карбюраторе основано на принципе пульверизации. Пример действия пульверизатора показан на рисунке 1.17.

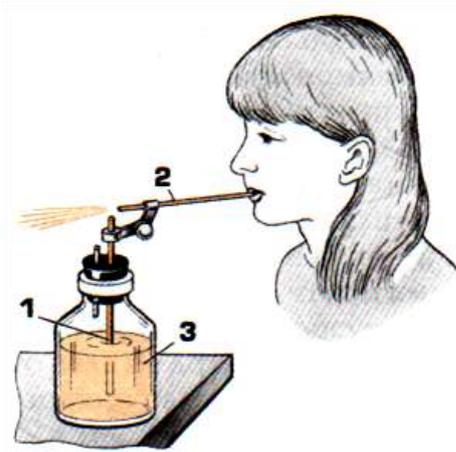


Рисунок 1.17 – Пульверизатор:

1 – распылитель; 2 – горизонтальная трубка; 3 – сосуд с жидкостью.

Воздух, выходящий с большой скоростью из горизонтальной трубки 2, у вершины распылителя 1 создает разрежение, и жидкость под действием разрежения поднимается по распылителю (трубке) и разбрызгивается (распыляется) воздухом на мельчайшие частицы.

Простейший карбюратор состоит из поплавковой камеры 6, распылителя 13, смесительной камеры 15, воздушной 12 и дроссельной 4 заслонок (рисунок 1.18).

Топливо подается в поплавковую камеру самотеком или насосом из бака. Поплавковая камера соединена со смесительной камерой распылителем, в котором установлен жиклер 5. Жиклер представляет собой пробку с небольшим калиброванным отверстием, через которое в единицу времени проходит определенная порция топлива.

Необходимый уровень топлива в поплавковой камере поддерживается поплавком 7 и игольчатым клапаном 8. При наполнении топливом поплавковой камеры поплавок всплывает и через рычажок поднимает игольчатый клапан, который перекрывает отверстие в подводящем топливопроводе 9, прекращая дальнейшее поступление топлива в камеру. Благодаря этому в поплавковой камере и распылителе топливо находится на одном уровне.

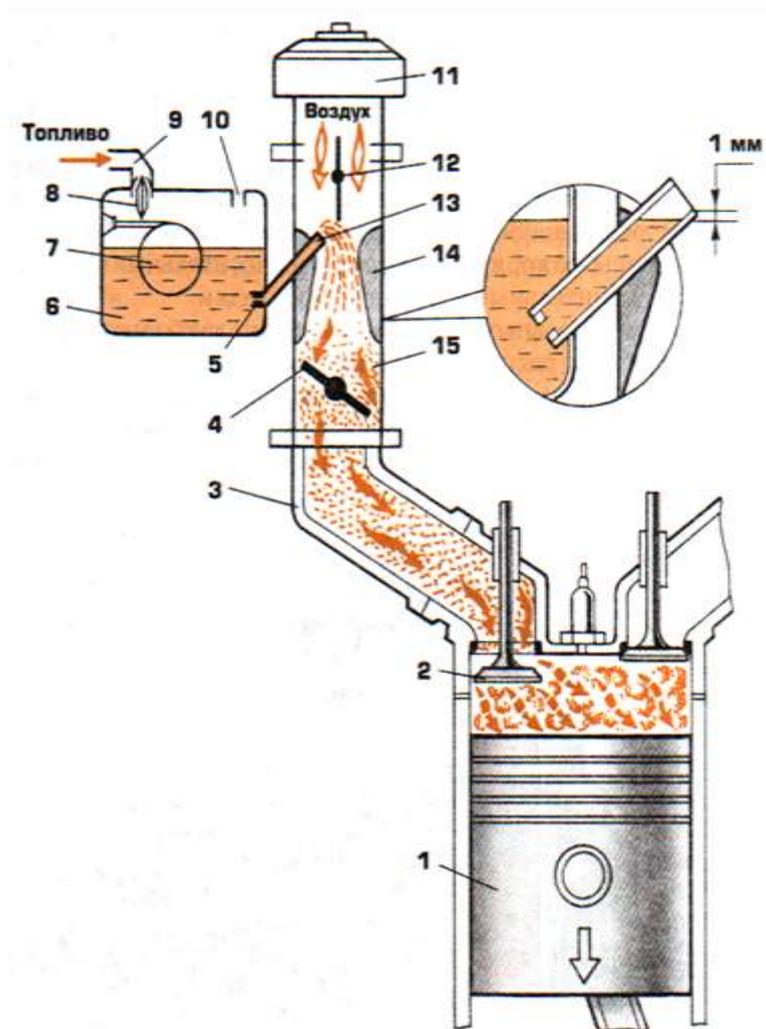


Рисунок 1.18 – Схема простейшего карбюратора:

1 – поршень; 2 – впускной клапан; 3 – впускная труба; 4 – дроссельная заслонка; 5 – жиклер; 6 – поплавковая камера; 7 – поплавок; 8 – игольчатый клапан; 9 – топливопровод; 10 – балансирующее отверстие; 11 – воздушный фильтр; 12 – воздушная заслонка; 13 – распылитель; 14 – диффузор; 15 – смесительная камера;

При такте впуска в цилиндре двигателя создается разрежение, которое передается в смесительную камеру карбюратора, в результате чего в нее засасывается воздух.

Поступающий в карбюратор воздух проходит через узкое сечение диффузора 14, поэтому скорость его движения, а следовательно, и разрежение возрастают. Между поплавковой камерой и диффузором создается перепад давлений (атмосферное и ниже атмосферного), благодаря чему топливо поднимается по распылителю, выходит из него, распыливается, перемешивается с воздухом, частично испаряется и в виде горючей смеси поступает в цилиндры двигателя через впускной клапан 2. Простейший карбюратор может обеспечить приготовление смеси необходимого состава только при одном установившемся режиме, т. е. при постоянной частоте

вращения коленчатого вала двигателя и открытой дроссельной заслонке. В условиях эксплуатации двигателя работают с переменным нагрузочным и скоростным режимом. Поэтому на них устанавливают более сложные карбюраторы, дополненные устройствами и приспособлениями, обеспечивающими приготовление горючей смеси необходимого состава на разных режимах работы. Например, при пуске они готовят богатую смесь для получения наибольшей мощности двигателя, при полной его нагрузке и холостом ходе — обогащенную, а при средних нагрузках — обедненную. Кроме того, карбюратор должен обеспечивать минимальную токсичность отработавших газов.

Автомобильный карбюратор в отличие от простейшего более сложный, так как двигатель автомобиля работает в разнообразных условиях и режимы его работы часто меняются (рисунок 1.19).

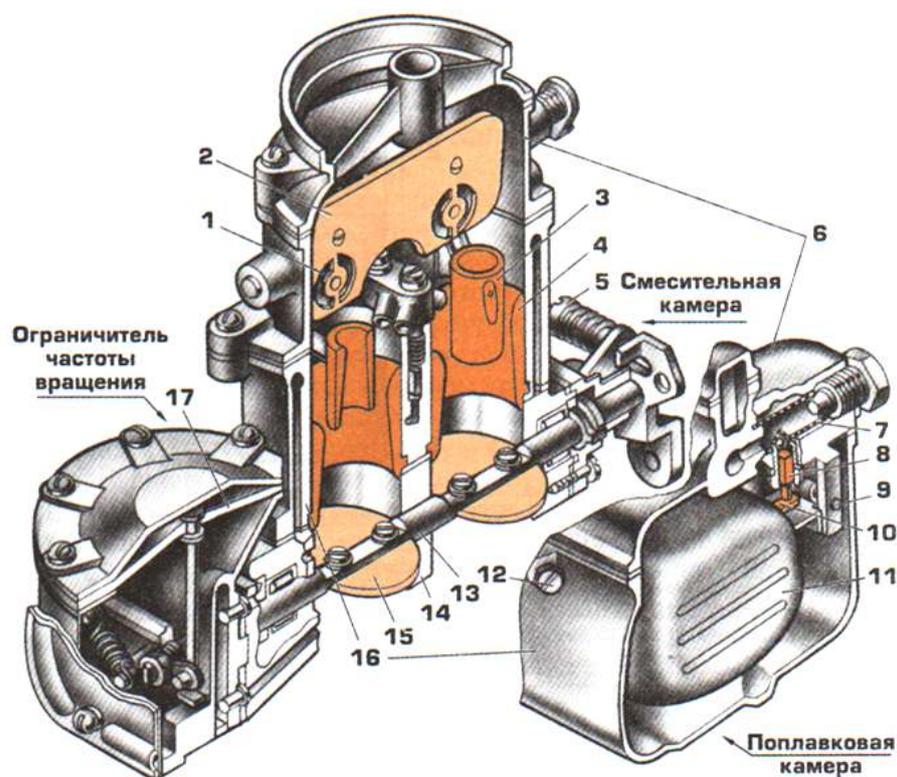


Рисунок 1.19 – Карбюратор К – 135 МУ:

- 1 – клапан; 2,15 – воздушные и дроссельные заслонки; 3,4 – малый и большой диффузоры; 5 – винт регулировки количества смеси; 6 – крышка поплавковой камеры; 7 – сетчатый фильтр; 8 – игольчатый фильтр; 9 – ось поплавка;
 10 – рычажок поплавка; 11 – поплавок; 12 – пробка; 13 – ось дроссельных заслонок; 14,16 – корпуса смесительных поплавковых камер;
 17 - диафрагма

На автомобильных двигателях устанавливают двухкамерные

карбюраторы с падающим потоком (два расположенных рядом вертикальных канала для прохода воздуха, в нижней части каждого из которых установлена поворотная дроссельная заслонка). Каждый из каналов называют камерой карбюратора. Поскольку таких каналов-камер два, а привод дроссельных заслонок устроен так, что по мере нажатия на педаль акселератора сначала открывается одна, а затем другая заслонка, карбюраторы этого типа называют двухкамерными с последовательным открытием камер. Камера, в которой дроссельная заслонка открывается раньше, называется первичной, другая — вторичной.

Для обеспечения необходимого состава горючей смеси на различных режимах работы двигателя автомобильные карбюраторы имеют следующие дозирующие системы: главную, холостого хода, пуска холодного двигателя, экономайзера, ускорительного насоса.

Глава 2. Снижение воздействия автомобильного транспорта на окружающую среду

2.1. Основные направления и пути снижения вредных выбросов автотранспорта

Приоритетными направлениями снижения загрязнения окружающей среды автомобильным транспортом являются:

- ▶ применение новых видов автотранспорта, минимально загрязняющих окружающую среду (например, электромобиль);
- ▶ рациональная организация и управление транспортными потоками;
- ▶ использование более качественных или экологически чистых видов топлива (например, газ);
- ▶ применение совершенных систем - катализаторов топлива - и систем шумоглушения – глушителей шума.

Все мероприятия по снижению выбросов автотранспорта подразделяют на технологические, санитарно-технические, планировочные, административные (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Мероприятия по снижению выбросов автотранспорта

Можно выделить два основных направления повышения экологичности автомобильного транспорта. Первое связано с техническим совершенствованием двигателей внутреннего сгорания и организацией рационального дорожного движения, а второе – с разработкой гибридных транспортных средств, электромобилей и автомобилей, оснащенных

инерционными накопителями.

Техническое совершенствование ДВС автомобилей идет по следующим направлениям: экономия топлива, введение присадок в топливо, использование комбинированных и новых видов топлива, очистка отработавших газов.

В комплексе технологических мер по снижению вредных выбросов от автотранспорта важное место занимает разработка технологий глубокой очистки бензина и дизельного топлива от серы и некоторых тяжелых металлов, в частности ванадия, непосредственно на предприятиях нефтеперерабатывающей промышленности. Следующей самостоятельной задачей является регулировка двигателей. Известно, что хорошо отрегулированный двигатель на 30...40% улучшает характеристики сгорания топлива, что приводит к сокращению выбросов вредных веществ. Регулировка двигателей выполняется в процессе специализированных работ в стационарных условиях.

Исходя из изложенного следует подчеркнуть, что суть экологической безопасности автотранспорта – в экологически безопасном топливе, высоком КПД его использования на всех режимах работы двигателя, качестве дорожного покрытия, опыте водителя и оптимальном регулировании дорожного движения.

Важную роль в системе снижения вредных выбросов играют нейтрализаторы. В комплексе с бензином с улучшенными экологическими характеристиками, системами диагностики и регулировки двигателей нейтрализаторы завершают набор необходимых технических систем экологической безопасности автотранспортных средств.

Другим важным аспектом (с эколого-экономической точки зрения) рассматриваемой проблемы является переработка отходов автотранспортных средств, так как, нанося ущерб окружающей среде, они одновременно являются ценным вторичным продуктом.

2.2. Техническое совершенствование автомобилей с двигателями внутреннего сгорания

Экономия топлива. В мире ежегодно добывают примерно 3 млрд т нефти. Из них более 2 млрд т уходит на топливо для бензинового и дизельного транспорта. Средний КПД двигателя автомобиля всего 23% (для бензиновых – 20%, для дизельных – 35%). Значит, 77% из 2 млрд т нефти сжигается впустую, идет на нагрев и загрязнение атмосферы.

Снижать топливопотребление можно на каждой стадии превращения химической энергии топлива сначала в механическую энергию движения автомобиля, а затем в кинетическую. Потери начинаются в двигателе, где часть энергии идет на преодоление трения, нагревание выхлопных газов и т.д. На следующей стадии – в коробке передач и в трансмиссии на ведущие колеса – еще часть энергии двигателя теряется на трение. Наконец, часть энергии расходуется на преодоление сопротивления качению колес и

аэродинамического сопротивления кузова.

Существуют различные технические средства для снижения потерь энергии на каждой из указанных стадий. На первой стадии основными являются, соответствующая подготовка топливной смеси и обеспечение оптимальных условий ее сжигания. На второй, где потеря энергии происходит в трансмиссии, необходимо как можно дольше держать двигатель под высокой нагрузкой, сохраняя выбранную водителем скорость. Работа под высокой нагрузкой, при которой мощность двигателя используется наиболее полно, является самой эффективной, напротив, работа при частичных нагрузках (например, на холостом ходу) в высшей мере расточительна.

В условиях города двигатель автомобиля работает 30% времени на холостом ходу, 30...40% – с постоянной нагрузкой, 20...25% – в режиме разгона и 10... 15% – в режиме торможения. При этом на холостом ходу автомобиль выбрасывает 5...7% оксида углерода к объему всего выхлопа, а в процессе движения с постоянной нагрузкой – только 1,0...2,5%. Условия, приближенные к работе под высокой нагрузкой, могут быть созданы путем увеличения числа передач или более частого переключения передач на оптимальный режим с помощью компьютера. Другим вариантом решения является использование вариаторов.

Для каждого вида ДВС при прочих равных условиях объем загрязняющих веществ, выделяемых в атмосферу, пропорционален расходу топлива. Поэтому экономия топлива, помимо прочего, по существу, означает сокращение выброса токсичных примесей в атмосферу.

Введение присадок в топливо. Большое внимание уделяется попыткам разработать присадки к обычному топливу, которые могли бы снизить токсичность отработавших газов автомобилей. Большинство применяемых ныне сортов бензина содержат в качестве антидетонационной присадки тетраэтилсвинец (0,41...0,82 г/л), позволяющий повысить степень сжатия рабочей смеси в цилиндрах двигателя и тем самым его топливную экономичность. Однако наличие такой присадки приводит к тому, что свыше 60% загрязнений свинцом почвы и растений приходится на долю автотранспорта.

В Финляндии разработана специальная добавка к бензину «Футура», которая не содержит соединения свинца. На ее основе производится бензин с октановым числом 95, обладающий следующими достоинствами. Бензин с присадкой «Футура» эффективно очищает двигатель, уменьшает загрязнение клапанов, защищает топливную систему от коррозии, повышает морозостойкость карбюратора, обеспечивает равномерный режим сгорания топлива и уменьшает выбросы. При пользовании таким бензином воздух в городе может стать значительно чище, вредное воздействие автомобилей на окружающую среду заметно уменьшится.

Из отечественных разработок следует отметить антидетонационную присадку на марганцевой основе ЦТМ, которая в 50 раз менее токсична, чем тетраэтилсвинец. Добавка 2% ЦТМ существенно повышает октановое число

бензина.

Для дизельных ДВС наиболее эффективны присадки на основе металлокомплексных соединений, особенно содержащие барий. Так, присадка ИХП-706 снижает в отработавших газах дизельных двигателей содержание сажи на 85...90%, а также содержание такого сильнейшего канцерогена, как бенз(а)пирен.

Использование комбинированных и новых видов топлива. В качестве комбинированного топлива наиболее употребительны смеси на основе бензина и спиртов (метанол, этанол). При содержании в топливе до 10% спирта не требуется изменять конструкции ДВС. Введение спирта способствует повышению октанового числа с 88 до 94 при одновременном снижении содержания в отработавших газах оксидов азота и углеводородов. Наибольший интерес вызывает использование в качестве топлива метилового (метанола) и этилового (этанола) спиртов. Плотность метанола несколько больше плотности бензина, но его энергоемкость в 2 раза меньше. Следовательно, для сохранения дальности пробега по топливу бак для метанола должен быть в 2 раза больше по объему. Важное качество метанола состоит в том, что в отработавших газах в 2...3 раза меньше токсичных компонентов, чем при использовании бензина. Этанол имеет энергоемкость на 25...30% выше, чем метанол, и, следовательно, требует пропорционально менее вместительного топливного бака. Экологические характеристики этанола и метанола аналогичны.

В Бразилии, например, серийно выпускаются и широко эксплуатируются автомобили, использующие в качестве топлива чистые спирты. Их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижено содержание оксидов азота и углеводородов.

В настоящее время в качестве основного газового топлива используют смесь нефтяных газов – пропана и бутана. Октановое число пропан – бутана превышает 100, что позволяет применять высокие степени сжатия. Работающий на пропан – бутане ДВС на холостом ходу дает в отработавших газах в 4 раза меньше оксида углерода, чем бензиновый, а на рабочем режиме – в 10 раз меньше. Основными недостатками использования пропан – бутановой смеси в качестве топлива являются следующие:

- ▶ необходимость установки на автомобиле баллонов для сжиженного газа, находящихся под давлением 1,6 МПа;

- ▶ опасность растекания смеси (она тяжелее воздуха) в местах нахождения человека (салоне автомобиля, гараже и т.д.), что может привести к взрыву;

- ▶ необходимость создания разветвленной сети автомобильных газонаполнительных компрессорных станций, время заправки на которых одного автомобиля составляет 10... 15 мин.

Некоторые из существенных недостатков смеси пропан – бутана можно устранить, использовав природный газ, состоящий на 90...98% из метана с примесью этана. По теплотворной способности природный газ близок к пропан – бутану, однако его октановое число выше. Но самое главное – он

легче воздуха, что значительно повышает его безопасность.

Наиболее активно переводятся на использование природного газа автомобили в Канаде, Италии и США. Их эксплуатация показала, что в отработавших газах резко снижается содержание сажи, оксида углерода и ряда органических соединений.

Исследования показывают, что в качестве перспективных топлив могут быть использованы также аммиак и водород, причем водород особенно перспективен с экологической точки зрения, так как при его сгорании образуются преимущественно пары воды.

Очистка отработавших газов. Для снижения токсичности отработавших газов применяют нейтрализаторы, которые подразделяют на термические и каталитические. Наиболее эффективными являются каталитические. Внедрение каталитической очистки отработавших газов связано с подбором катализаторов, обладающих высокой активностью, и с созданием конструкций, имеющих небольшое аэродинамическое сопротивление. В настоящее время для очистки отработавших газов от бензиновых двигателей чаще всего применяют платинопалладиевые и платинородиевые катализаторы. В последнее время внедряются и более сложные составы, содержащие платину, родий, палладий и цирконий на гранулированном оксиде алюминия. Следует отметить, что если для бензиновых двигателей проблема очистки отработавших газов решена вполне удовлетворительно, то для дизельных двигателей она до сих пор актуальна. Это объясняется иным компонентным составом отработавших газов дизельных двигателей по сравнению с бензиновыми. Поэтому выхлопные газы дизельных ДВС, очищают от сажи с помощью механических и электрических (питаемых от бортовой сети автомобиля) сажеуловителей. Их испытания показали, что в атмосферу попадает не более 25% первоначального объема сажи.

Организационные мероприятия. Современный город представляет собой сложный механизм, жизнедеятельность которого обеспечивается взаимодействием множества функциональных систем. Работа автомобильного транспорта как составляющей транспортной системы тесно связана с большим числом жизненно важных для города процессов. Задача оптимизации работы автотранспорта в экологическом аспекте представляет собой одну из составляющих регулирующей деятельности человека, направленной на оздоровление городской среды.

В городских условиях автомобильный транспорт используется чрезвычайно неэффективно из-за низкого коэффициента его загрузки причем коэффициент загрузки тем выше, чем меньше масса транспортного средства (таблица 2.1).

Таблица 2.1 – Коэффициенты загрузки транспортных средств различных видов

Транспортные средства	Коэффициент загрузки, %
-----------------------	-------------------------

	номинальный	статистический по Москве
Дизельный грузовик	50	10
Бензиновый грузовик	50	15
Автобус	30	20
Легковой автомобиль	30	10
Мотоцикл	40	40
Велосипед	80	80

Разумно построенное транспортное средство должно перевозить груз больше собственной массы, именно в этом заключается его эффективность. На практике же этому требованию соответствуют лишь велосипед и легкие мотоциклы, остальные машины в основном возят сами себя. Получается, что КПД нефтяного транспорта не более 3...4%. Сжигается огромное количество нефтяного топлива, а энергия расходуется чрезвычайно нерационально. Так, КамАЗ расходует столько энергии, что ее было бы достаточно для обогрева зимой 50 квартир.

Для пассажирских перевозок весьма важным показателем является расход топлива на одного пассажира. Так, для доставки одного пассажира на расстояние 100 км водитель автобуса затрачивает лишь 1 л топлива, в то время как при путешествии по железной дороге этот показатель удваивается, а при поездках на легковом автомобиле с дизельным двигателем возрастает почти в 6 раз. Наиболее расточителен в этом смысле самолет: чтобы перевезти по воздуху одного пассажира, необходимо израсходовать 9 л горючего. Таким образом, самым оптимальным с экологической точки зрения средством перевозки пассажиров оказывается автобус. Подкрепляя данное утверждение, союз немецких автобусных предприятий подчеркивает, что именно этот вид транспорта потребляет меньше всего первичных энергоносителей и дает самый низкий выброс в атмосферу вредных веществ. Кроме того, автобус наиболее безопасен для пассажиров, о чем свидетельствует статистика дорожных происшествий.

К важным организационным мероприятиям также относятся:

- ▶ синхронные сигналы светофоров, рассчитанные на то, чтобы при известной скорости не терять времени, дожидаясь разрешающего сигнала, - так называемая зеленая волна;

- ▶ специальные полосы для движения общественного транспорта; развитие системы движения в одном направлении; полосы реверсивного движения;

- ▶ ограничение въезда в город грузовых автомобилей в определенные часы или дни и другие

Другим направлением является применение радикальных градостроительных мероприятий, позволяющих максимально изолировать автомобиль как источник неблагоприятного воздействия на жилую среду, и в первую очередь непосредственно на человека. К таким мероприятиям относится вынесение источника загрязнения за пределы селитебной территории, а может быть, и всего города, что достигается рациональным

трассированием городских магистралей.

Важное значение имеет, сооружение магистралей – дублеров, а также организация функционирования системы хранения, паркования и технического обслуживания автомобилей. Мероприятия организационного уровня регулирования как наиболее гибкие, отличающиеся высокой скоростью реагирования на изменение условий функционирования автомобильного транспорта позволяют оперативно осуществлять регулирование процесса эксплуатации автомобилей.

2.3. Разработка альтернативных видов автомобильного транспорта

К основным альтернативным видам автомобильного транспорта относятся электромобиль, солнечный электрический автомобиль, автомобиль с инерционным двигателем.

Идеальный автомобиль для города – электромобиль. Он приводится в движение электродвигателем, который, в свою очередь, получает энергию от аккумуляторных батарей. Основные преимущества электромобиля перед автомобилем следующие:

- ▶ он почти не дает выбросов вредных веществ, токсичность газов, попадающих в атмосферу при зарядке и разрядке аккумуляторных батарей, несравнимо меньше, чем при работе ДВС;

- ▶ у него большой крутящий момент на малых скоростях вращения, что очень важно, когда нужно тронуться с места или преодолеть трудный участок дороги; кроме того, он предпочтительнее с точки зрения удельной мощности и более компактен;

- ▶ не нуждается в столь тщательном уходе, как обычный автомобиль: требует меньше регулировок, не потребляет много масла, проще система охлаждения, а топливная вообще отсутствует;

- ▶ излучает значительно меньший шум, чем автомобили с дизельным или бензиновым приводом.

Гибридную модель автомобиля разработали шведские автостроители и назвали ее «Вольво ЕСС». Последние буквы расшифровываются как концепция экологического автомобиля. У него два двигателя: электрический, питаемый от аккумулятора и газотурбинный, потребляющий дизельное топливо. На городских улицах «Вольво ЕСС» будет использовать электричество, а на загородных шоссе перейдет на дизельное топливо, причем водитель при необходимости может использовать и смешанную тягу: бортовой компьютер включает газотурбинную установку, как только запас энергии в аккумуляторе снизится до 20%. А поскольку с турбиной соединен мощный электрогенератор, он тотчас начнет подзаряжать батарею. Для этой же цели можно использовать энергию, получаемую при торможении автомобиля или при движении под уклон. Таким образом, при одной заправке бака 35 л дизельного топлива «Вольво ЕСС» способен преодолеть 670 км. Максимальная скорость – 175 км/ч, причем разгон с места до 100 км/ч занимает 13 с. Если, использовать лишь электромотор,

динамика и прочие показатели оказываются несколько хуже. Так, пробег без подзарядки аккумулятора составляет 150 км. Но эффективность новой конструкции ее создатели видят как раз в гибридности.

Главными недостатками современного электромобиля, особенно со свинцово – кислотными аккумуляторными батареями, являются ограниченный ресурс пробега, большая масса, малый срок службы источника тока и общая высокая стоимость. Все указанные недостатки связаны преимущественно с применением свинцово – кислотных аккумуляторов.

Для электромобиля, эквивалентного современному массовому автомобилю с ДВС, необходима мощность двигателя 10 ... 15 кВт, что обеспечивает аккумуляторная батарея массой 250...300 кг, позволяя выполнить до перезарядки батареи пробег 60 ... 80 км со скоростью 40 ... 60 км/ч, тогда как автомобиль с ДВС с одной заправкой 30 ... 40 кг бензина проходит 400 ... 500 км со скоростью 80 ... 100 км/ч. Таким образом, чтобы иметь запас хода электромобиля 400 км, на нем необходимо разместить батарею массой 1250... 1500 кг, что весьма неэффективно. В общем случае эксплуатационные расходы электромобиля зависят от энергоемкости батарей, стоимости и срока их службы. Отметим, что энергоемкость бензина равна примерно 11 тыс. Втч/кг, а свинцово-кислотного аккумулятора – 35...50 Втч/кг.

Различные фирмы мира ведут разработки перспективных типов батарей, превосходящих по энергоемкости наиболее распространенные свинцово-кислотные, и новых накопителей энергии -ультраконденсаторов, а также топливных элементов.

Некоторые фирмы для получения электричества используют fuel cells - топливные элементы, которые преобразуют водород в электричество путем каталитического окисления, но без сгорания. Они практически не выделяют вредных веществ и обладают относительно небольшой массой. Проблема состоит в том, что используемые лишь в аэрокосмической индустрии топливные элементы дороги, а водород для них очень сложно хранить в автомобиле.

В таблице 2.2 приведены сравнительные характеристики накопителей энергии по трем основным характеристикам.

Таблица 2.2 – Сравнительная характеристика накопителей электроэнергии.

Типы накопителей энергии	Удельная энергоемкость Вт ч/кг	Удельная Мощность Вт/кг	Ресурс, цикл заряда
Аккумуляторные батареи:			
свинцово – цинковые	35...50	250...400	500
никель – кадмиевые	50...65	200	1000
никель-металлгидридные	70...90	200	1000
натрий/никель -хлоридные	90...100	130	1000

литий- ионные	100...150	300	1200
натриево-серные	100	120	8000
Ультраконденсаторы	4	8000	>100000

Идея одного из таких проектов состоит в следующем. Бензин из бензобака попадает в подогреваемый испаритель, а потом сгорает в первом реакторе.

Благодаря ограниченному доступу воздуха топливо частично окисляется, образуя водород и оксид углерода CO. Во втором промежуточном реакторе CO взаимодействует с водяным паром и в присутствии катализатора превращается в углекислый газ CO₂ и дополнительный водород. А завершается процесс риформинга в третьем реакторе. В результате из бензина получается водород, преобразуемый топливными элементами в электричество, а попутно - углекислый газ, вода и азот. Рабочая температура системы 80°C, избыточное тепло удаляется обычным автомобильным радиатором. Расход бензина не должен превышать 3 л на 100 км.

В городских условиях весьма перспективным считается использование полуавтономных троллейбусов. Такой троллейбус оснащен аккумуляторами, позволяющими преодолевать до 10 км автономно. Этого вполне достаточно, чтобы доехать до другой контактной сети и зарядить аккумуляторную батарею в процессе движения.

Солнечный электромобиль представляет собой комплекс, включающий электрический автомобиль и солнечный коллектор, который обеспечивает перезарядку аккумуляторной батареи во время его движения или стоянки. Автомобили, работающие на солнечной энергии, пока еще являются предметом экспериментальных разработок, при этом разные модели значительно отличаются по конструкции, дизайну и рабочим характеристикам. Но все они имеют солнечные коллекторы, которые поглощают солнечный свет и превращают его в электричество. Затем электричество хранится в батарее до тех пор, пока не потребуются для приведения в действие электродвигателя. С теоретической точки зрения солнечный автомобиль должен бы двигаться вечно, так как единственным необходимым для него топливом является солнечный свет. Однако серьезным недостатком остается невозможность движения ночью или днем в условиях сплошной облачности. Автомобиль «Санрайдер», спроектированный и собранный на факультете механики и энергетики Кардиффского университета (Великобритания), весит около 90 кг, развивает скорость до 30 км/ч и работает на электричестве, вырабатываемом 300 солнечными батареями.

В автомобиле с инерционным двигателем в качестве накопителя энергии используется не аккумулятор, а маховик. Такое нововведение позволяет обойтись без двигателя, коробки скоростей, радиатора, стартера и выхлопной трубы. Идея конструкторов такова. Электроток от стационарного источника используется для раскрутки супермаховика из легких, но прочных на разрыв углеродных волокон. Когда он наберет обороты, напряжение

отключается. Однако вращение продолжается несколько часов, поскольку супермаховик заключен в герметичную капсулу, из которой выкачан воздух, а магнитный подвес устраняет трение в подшипниках. Эксперименты в этой области показывают, что автомобиль с супермаховиком способен разогнаться до 96,5 км/ч всего за 6,5 с. Пробег без подзарядки также обещает быть впечатляющим – до 600 км.

2.4. Уменьшение токсичности ОГ путем их нейтрализации в выпускной системе

Рассматривая вопросы защиты атмосферного воздуха от воздействия автомобильного транспорта, следует остановиться еще на одном техническом решении, позволяющем в значительной степени снизить содержание вредных веществ в ОГ. Это применение нейтрализаторов. В настоящее время наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, в которых в качестве катализатора используются редкоземельные элементы (платина, палладий, радий), позволяющие существенно снизить порог энергии, при котором начинаются окислительно-восстановительные реакции. В мировой практике широкое применение находят нейтрализаторы тройного действия (CO/CH/NO_x). Максимальная эффективность таких нейтрализаторов достигается при их работе в контуре автоматической системы управления подачей топлива, содержащей, помимо непосредственно нейтрализатора, кислородный датчик и электронный блок управления.

Эффективность очистки нейтрализатором ОГ по всем компонентам составляет около 90% при температуре 750 °С.

Однако, практическое использование нейтрализаторов сталкивается с рядом серьезных технических проблем:

Во-первых, в результате реакций между присадками к топливам и маслам (в частности, тетраэтилсвинцом) и катализатором происходит его химическое «отравление». Этим, в частности, в значительной степени сдерживается пока применение нейтрализаторов в России.

Во-вторых, рабочий диапазон температур нейтрализаторов составляет 250...950 °С. В связи с этим остро стоит проблема нейтрализации выхлопа при непрогретом двигателе (режим запуска двигателя автомобиля с частыми остановками и т. д.). Кроме того, эффект работы нейтрализатора резко снижается при работе с неотрегулированным двигателем (на богатой смеси) из-за повышения температуры в выхлопной системе до 870 °С и более.

В-третьих, через каждые 80... 100 тыс. км пробега возникает необходимость регенерации нейтрализатора.

В-четвертых, температурный режим работы нейтрализатора предъявляет высокие требования к термостойкости их корпуса и на набивки, к выбору места установки на автомобиле.

В-пятых, применение нейтрализаторов, как правило, приводит к потере мощности двигателя на 5...7% за счет увеличения противодавления на выпуске.

Очень важными являются экономические аспекты применения нейтрализаторов. Относительно высокая стоимость и отсутствие у предприятий стимулов для внедрения этих устройств в значительной степени тормозят применение нейтрализаторов в России.

Большое внимание во всем мире уделяется в настоящее время вопросам разработки и применения сажевых фильтров и каталитических дожигателей сажи для двигателей. Применение этих устройств особенно актуально в городах с интенсивным автобусным движением. Сажевые фильтры различных конструкций позволяют снизить выбросы сажи на 60...90%.

Важное значение придается вопросам экологического обучения персонала автотранспортных предприятий. Разрабатываются специальные учебные программы для разных категорий работников, по которым они будут проходить обучение и сдавать зачеты.

Классификация катализаторов:

По принципу работы — каталитические (вступают в реакцию с вредными элементами) и жидкостные (проходя через жидкость газы очищаются).

По количеству компонент — нейтрализаторы могут быть: однокомпонентные (реагируют только на выбросы NO_x); двухкомпонентные (реагируют на два элемента CO , CH); трехкомпонентные (реагируют на три самых распространенных элемента CO , CH , NO_x); и др.

По количеству ступеней — в которых происходит очистка: одно — и двухступенчатые.

Нейтрализаторы бывают восстановительные и окислительные:



В дизелях применяются только окислительные нейтрализаторы. Принцип их работы которых заключается в том, что ОГ, проходя по нейтрализатору, вступают в реакцию с расположенными там гранулами дорогих металлов (платина, палладий) и превращаются в не токсичные вещества.

Различные типы нейтрализаторов размещаются в выпускном тракте ДВС и там в зависимости от принципа работы (каталитический, термический, механический, водяной) выполняют свои функции.

К сожалению, катализаторы не дают желательный эффект до перехода на бензин другого качества, в котором будет меньше тетраэтилсвинца, дибропропана, диброметана, хлорнофтанина и других

Катализаторы мало эффективны не только потому, что процессы доокисления и фильтрации протекают за пределами камеры сгорания, но и потому, что все типы нейтрализаторов создают в выпускном тракте дополнительное газодинамическое сопротивление, преодоление которого

повышает расход топлива на 20%. Это, в свою очередь, увеличивает общее количество загрязнений окружающей среды; получается, что результат от применения катализаторов стремится к нулю.

О том, что каталитические нейтрализаторы очень дороги и недолговечны из-за того, что в них используются драгоценные металлы, такие как платина, радий, палладий и др. металлы и соединения – уже сказано. Катализаторы «отравляются» всеми газами и веществами, проходящими через них: свинец, ртуть, фосфор, вода, кислород и др., что уменьшает и без того малый срок службы катализаторов.

В отличие от зарубежных стран, автомобили общетранспортного назначения с системами нейтрализации ОГ, сажевыми фильтрами, как наиболее эффективными средствами снижения выбросов, в настоящее время серийно для внутреннего рынка не производятся, хотя налажен выпуск каталитических нейтрализаторов для тяжелых дизельных автотранспортных средств, работающих в карьерах, шахтах, рудниках.

На дизельных автомобилях, эксплуатируемых под землей и в карьерах, устанавливаются нейтрализаторы с двумя плоскими или цилиндрическими реакторами и катализатором ШПК – 1,2 на шариковом носителе. Так, на автосамосвалах БелАЗ-540А (548А) устанавливаются 2 нейтрализатора типа НКД-241 или НД-31 (НД-38). В рабочем диапазоне температур нейтрализаторов 250...500 °С степень очистки по СО составляет 75...95%. Эффективная очистка по СО и СН сохраняется до 20 тыс. километров пробега. Газодинамическое сопротивление нейтрализаторов не превышает 65% предельно допустимого.

Для карьерных самосвалов, двигатели которых работают на полной нагрузке до 40% времени, в отмеченных конструкциях нейтрализаторов происходит не только окисление СО, СН и альдегидов, но и самоочищение его поверхностей от сажи и смолистых отложений.

При очистке ОГ дизелей от сажи используются мокрые способы очистки (поверхностные, барботажные, распыливающие и насадочные), а также электрофильтры.

В настоящее время освоено мелкосерийное производство лишь распыливающих жидкостных фильтров нейтрализаторов – скрубберов Вентури для малотоксичной модификации двигателей КамАЗ. В стадии НИОКР находятся работы по созданию комплексных антитоксичных систем автомобильных дизелей, предусматривающих на первом этапе рециркуляцию ОГ (снижение NO, на 30%) и их нейтрализацию (снижение СО, СН на 50%), с катализаторами на блочном металлическом и керамическом носителе.

Начаты поисковые работы по созданию сажевых фильтров с системой регенерации, обеспечивающих снижение выбросов твердых частиц на 80...90%. За рубежом такие системы находятся уже в опытно-серийном производстве.

Зарубежный парк бензиновых автомобилей, оснащенных системами нейтрализации ОГ (СНОГ) с нейтрализаторами окислительного типа или трехкомпонентными нейтрализаторами с кислородным датчиком обратной

связи, в настоящее время превышает 100 млн. штук.

В нашей стране, прежде всего из-за отсутствия (в достаточных объемах) неэтилированного бензина, экономической незаинтересованности владельцев ТС в использовании СНОГ, такие системы (окислительного типа) находятся только в опытной эксплуатации. Отечественные конструкции трехкомпонентных каталитических нейтрализаторов, без которых невозможно выполнение сегодняшних норм США и перспективных норм выбросов в других развитых странах, находятся в стадии лабораторных испытаний.

В 1967 году появились первые стандарты по уровню токсичности, а с 1970 г. ОГ стали серьезно изучаться. Кроме CO, CH, NO_x существует немало других мутагенных и канцерогенных веществ, которые нейтрализатор обезвредить не может, а сажа даже может вывести его из строя. В атмосфере этих веществ становится все больше и больше, впрочем, как и вызываемых ими раковых и сердечно – сосудистых заболеваний.

Современные ДВС проектируют и строят с системой зажигания, воспламеняющей углеродное топливо одной единственной искрой. После воспламенения оно продолжает гореть самопроизвольно без каких - либо внешних воздействий, что приводит к неполному окислению C и H и образованию токсичных компонент. Далее приходится обезвреживать уже произведенные или выброшенные ОГ, затрачивая на это дополнительные средства.

Для снижения токсичности применяют многоуровневые системы с постоянной частотой искрообразования, которые имеют массу недостатков: сложны в установке; для каждого двигателя необходимо видоизменять систему; очень дорогие и устанавливаются только на единичные автомобили.

Сейчас разработана другая система «Плазмазер». С ее помощью топливо – воздушная смесь поджигается серией искр на свечах. Эта система позволяет производить саморегулирование процесса горения топлива в камерах сгорания.

Число искр зависит от разности потенциалов на электродах свечи, а этот параметр, в свою очередь, определяется составом смеси вблизи электродов. Система активно вмешивается в происходящие процессы: автоматически подстраиваемая частота искр обеспечивает более полное и быстрое сжигание топлива, не требующего в этом случае антидетонационных и выводящих свинец присадок (из-за которых в основном появляются канцерогенные и мутагенные вещества). По результатам экспериментов, выбросы ОГ существенно ниже, чем после дожигания ОГ в нейтрализаторах без системы «Плазмазер». Эта система обладает рядом преимуществ, и можно надеяться, что она найдет свое применение в повседневной жизни, так как она проще, дешевле и универсальней.

В настоящее время в Москве проходит конкурс каталитических нейтрализаторов. Предполагается выбрать конкретную систему, пригодную для массового использования в мегаполисе, задыхающимся от выхлопных газов.

В таблице 2.3 показаны результаты сравнительных испытаний по оценке токсичности, топливной экономичности автомобилей с традиционными вариантами двигателей и системами подавления выбросов, которые подтверждают необходимость поиска компромисса между токсичностью и топливной экономичностью различных двигателей

Так, использование форкально – факельного рабочего процесса имеет определенное преимущество по токсичности, но приводит к максимальному перерасходу топлива по сравнению с базовым вариантом. За рубежом из-за постоянного ужесточения норм вредных выбросов и относительно низкой стоимости топлива на практике реализуется последний из приведенных вариантов. При этом перерасхода топлива удастся избежать за счет внедрения мероприятий, обеспечивающих повышение топливной экономичности ТС при установке нейтрализаторов.

Другим методом обезвреживания ОГ является рециркуляция, т.е. их повторное засасывание в цилиндры (вместе с порцией новой горючей смеси), с целью дожигания СО и СН и снижения количества оксидов азота непосредственно в цилиндрах двигателя.

В ДВС автомобилей и машин, работающих в помещениях с недостаточной вентиляцией, уже давно используются различные способы и устройства для нейтрализации ОГ в выпускной системе.

Таблица 2.3 – Зависимость токсичности от типа двигателя

0	Система топлива подачи	Рабочий объем ДВС, V_h , л	Степень сжатия,	Мощность двигателя, N_e , кВт	Вид топлива	Меро приятия
Бензиновы й	Впрыск топлива K-Jetronic	1,8	10	82	Этилиро ванный бензин 04 – 98	комплекс мероприятий позволяющий удовлетворит ь нормам 15.04
Вариант для США (US)	Впрыск топлива K-Jetronic	1,8	8,5	66	неэтилиро ванный бензин 04 – 91	трехкомпо нентный нейтрализа тор с обратной связью
Исследова пельский (BGR)	Впрыск топлива K-Jetronic	1,8	8,5	66	неэтилиро ванный бензин 04 – 91	система рецирку ляции ОГ
Исследова пельский (BGR+GX)	Впрыск топлива K-Jetronic	1,8	8,5	66	неэтилиро ванный бензин 04 – 91	система рециркуляци и ОГ и окисли тельный нейтрализато

						р
Исследова пельский (DI)	ТНВД	1,6	16	40	неэтилиро ванный бензин 04 – 91	послойное смесеобразов ание с непосредстве нным впрыском и свечой
Исследова пельский (PCI)	Карбюр атор	1,6	84	51	неэтилиро ванный бензин 04 – 91	форкамерно- факельное зажигание

Один из способов – нейтрализация продуктов неполного сгорания путем дожигания их в выпускной системе в присутствии дополнительного воздуха, подаваемого к ОГ. На практике для этого применяют термические реакторы.

Второй способ – это каталитические дожигатели ОГ в выпускной системе, позволяющие окислять продукты неполного сгорания и восстанавливать оксиды азота.

Применяются и жидкостные нейтрализаторы, действие которых основано на поглощении токсичных компонентов жидкостью. Но в связи с большими размерами, необходимостью частой замены жидкости и малой эффективностью жидкостные нейтрализаторы распространения не получили.

Термическая нейтрализация. Окисление продуктов неполного сгорания происходит и в выпускной системе обычного двигателя. Но окисление СО и С_nH_m может быть значительно усилено с помощью термического реактора. Его функции заключаются в быстром перемешивании горячих ОГ с кислородом воздуха, дополнительно подаваемого в выпускную систему, а также поддержании высокой температуры в течение времени, необходимого для окисления большей части СО и С_nH_m, содержащихся в ОГ.

Процесс дожигания продуктов неполного сгорания во многом определяется количеством дополнительного воздуха, подаваемого в реактор. Наилучшие результаты получены при 20% избыточного воздуха в смеси газов, проходящих через реактор. Количество подаваемого воздуха постоянно меняется в зависимости от режима работы двигателя. При работе двигателя на богатых смесях подача воздуха увеличивается, при работе на бедных смесях – уменьшается.

Объем реактора определяет продолжительность реакции. Чем выше объем, тем эффективнее протекает процесс окисления.

Лабораторные испытания и опыт эксплуатации термических реакторов показали, что у оборудованных ими автомобилей содержание СО в ОГ не превышает 0,5%, а содержание СН – 50...80 млн^{'''}. Однако, 100% – ное окисление СО и С_nH_m недостижимо из-за неполного перемешивания смеси ОГ с воздухом.

Термические реакторы отличаются большим сроком службы, и

эффективность их работы по мере увеличения пробега автомобиля не снижается. Еще одно важное достоинство термической нейтрализации заключается в том, что термический реактор не восприимчив к ОГ двигателя, работающего на этилированном бензине.

К основным недостаткам этого метода уменьшения токсичности ОГ можно отнести необходимость применения специальных жаропрочных материалов для изготовления реактора, некоторое уменьшение мощности двигателя и увеличение удельного расхода топлива (до 16%) вследствие возрастания сопротивления выпуска. Установка термического реактора требует также довольно много места в моторном отсеке, так как он должен располагаться рядом с головкой блока цилиндров двигателя.

Каталитическая нейтрализация. Сущность процессов каталитической нейтрализации заключается во взаимодействии токсичных компонентов ОГ между собой или с избыточным кислородом в присутствии катализатора, ускоряющего реакции окисления CO и C_nH_m до CO₂ и восстановления NO_x до N. Особенность каталитических реакций заключается в том, что катализаторы не входят в состав конечных продуктов и теоретически могут служить достаточно долго.

Наиболее универсальными являются катализаторы на основе благородных металлов (рутений, родий, палладий, платина) и некоторых окислов металлов (оксиды меди, хрома, никеля).

Катализаторы на основе благородных металлов наиболее широко распространены в практике обезвреживания ОГ автомобилей. По сравнению с окисными эти катализаторы характеризуются низкой температурой начала эффективной работы, достаточной температуростойкостью и долговечностью. Основной их недостаток - высокая стоимость, но несмотря на это, в США ежегодно расходуется до 40 т платины на изготовление каталитических нейтрализаторов.

В последние годы очень широкое распространение получили окисные катализаторы, в состав которых введены небольшие добавки (до 0,1%) благородных металлов. Эти катализаторы по активности и долговечности занимают промежуточное положение между окисными катализаторами и катализаторами на основе благородных металлов.

Каталитические нейтрализаторы состоят из устройств подвода и вывода нейтрального газа, корпуса и установленного внутри него реактора, где протекают каталитические реакции.

Реактор работает в очень тяжелых условиях: температура изменяется от температуры окружающей среды до 700 °С, а в случае нарушения регулировок двигателя возможны пики до 1000 °С; большие колебания скорости истечения газов. Кроме того, реакции проходят при частых механических ударах и вибрациях в условиях агрессивной среды. Все это определяет повышенные требования к катализатору и его носителю.

Наибольшее распространение получили носители двух типов: гранулированные и монолитные.

Гранулированные носители представляют собой сферы, кольца,

пирамиды и т.п., на поверхность которых нанесен катализатор. Размеры гранул составляют 2...5 мм, причем чем меньше размеры гранул, тем эффективнее идет процесс нейтрализации, но при этом возрастает сопротивление прохождению газов.

Основная трудность при каталитической нейтрализации ОГ обусловлена разным характером возникновения продуктов неполного сгорания и оксидов азота, а следовательно, и многообразием процессов их нейтрализации.

Для снижения концентрации всех трех загрязняющих веществ применялись двухкамерные нейтрализаторы. В первой камере NO_x восстанавливались до азота, а во второй камере – в присутствии дополнительно вводимого воздуха – CO и C_nH_m окислялись до CO_2 .

Примерно 10 лет назад был разработан принцип одновременного удаления CO , C_nH_m и NO_x в одном реакторе. Но для достижения высоких степеней очистки по всем трем компонентам необходимо, чтобы состав смеси, поступающей в двигатель, при всех возможных режимах его работы поддерживался в чрезвычайно узких пределах. В противном случае в ОГ будет повышенная концентрация либо продуктов неполного сгорания, либо NO_x . Современный карбюратор не обеспечивает такого точного дозирования топлива, поэтому на автомобиль, оборудованный однокамерным каталитическим нейтрализатором, устанавливается система регулирования состава смеси с обратной связью, содержащая специальный датчик концентрации кислорода в ОГ.

Функционально датчик связан с электронным блоком управления расходом топлива в двигатель и в случае отклонения состава смеси, регистрируемого по изменяющейся концентрации кислорода в ОГ, подает сигнал на электронный блок. Последний обеспечивает восстановление оптимального (с точки зрения нейтрализации) состава смеси. Данная система нейтрализации считается наиболее перспективной, хотя очень сложна в изготовлении и эксплуатации.

Применение систем каталитической нейтрализации на дизельном двигателе позволяет лишь снизить содержание продуктов неполного сгорания, что связано с высоким содержанием кислорода в ОГ дизеля. Кроме того, необходима тщательная очистка ОГ от сажи, которая, покрывая поверхность катализатора, значительно снижает его эффективность.

Каталитическая нейтрализация – весьма эффективный способ снижения токсичности ОГ. Разработанные в настоящее время лучшие образцы обеспечивают удаление из ОГ 96% CO , 97% C_nH_m и 90% NO_x . Принципиальная схема каталитического нейтрализатора ОГ двигателя показана на рисунке 2.2.

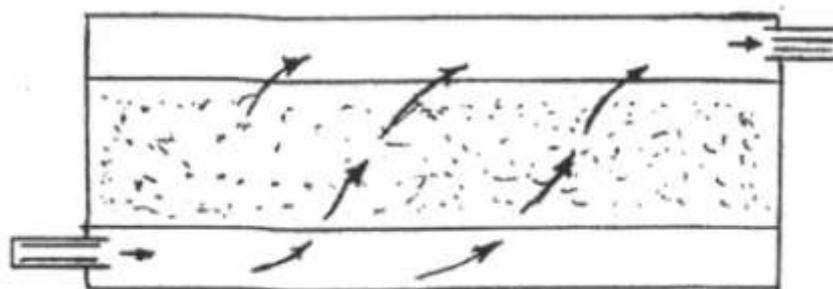


Рисунок 2.2 – Принципиальная схема каталитического нейтрализатора

ОГ проходят через слой катализатора. Существует большое разнообразие конструктивных схем каталитических нейтрализаторов.

Жидкостная нейтрализация. Принцип работы жидкостных нейтрализаторов основан на растворении или химическом связывании токсичных компонентов при пропускании ОГ через жидкость соответствующего состава.

Устройство и принцип работы жидкостного нейтрализатора пояснены на схеме, приведенной на рисунке 2.3.

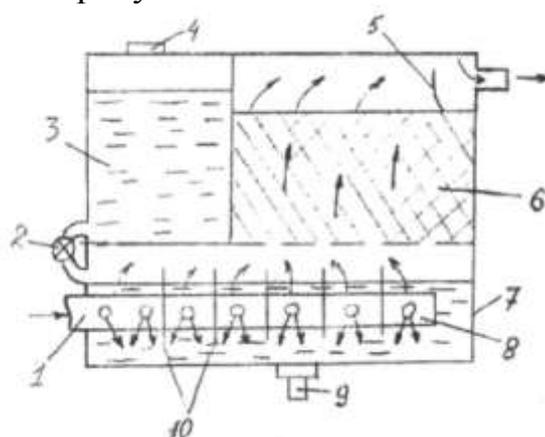


Рисунок 2.3 – Схема жидкостного нейтрализатора Н1Ж-2:

- 1 – выпускная труба; 2 – перепускной кран; 3 – дополнительный бак;
 4 – аливная горловина; 5 – сепаратор; 6 – металлическая стружка;
 7 – рабочий бак; 8 – коллектор; 9 – пробка сливного отверстия; 10 – перегородки.

ОГ из выпускной трубы 1 поступают в коллектор 8 и через отверстия в нем выходят в нейтрализующую жидкость, в которой происходит очистка газа от токсичных компонентов. Затем газы через фильтрующий слой (из брикетированной металлической стружки 6) и сепаратор 5, в которых задерживается влага, захваченная газом при прохождении через жидкость, поступают в атмосферу. Раствор в рабочий бак 7 заливается из дополнительного бака 3.

Существуют различные схемы жидкостных нейтрализаторов, но принцип работы тот же, что описан выше. В качестве рабочей жидкости в этих нейтрализаторах исследовались вода и водные растворы различных веществ.

Благодаря жидкостным нейтрализаторам в ОГ уменьшаются: оксиды азота (до 30%), альдегиды (до 50%), интенсивность запаха, сажа (60...80%), бенз(а)пирен.

Комбинированные системы нейтрализации. Различия в механизме образования и нейтрализации основных токсических веществ (СО, СН, NO_x, сажи и т.д.), содержащихся в ОГ двигателей, приводят в большинстве случаев к тому, что как воздействие на рабочий процесс и конструкцию двигателей, так и применение определенных систем нейтрализации вызывают уменьшение выделения одних и увеличение выделения других токсичных веществ. Поэтому для существенного уменьшения токсичности по всем основным токсичным компонентам целесообразно применять различные комбинации рассмотренных выше способов уменьшения токсичности двигателей. При этом могут сочетаться как устройства для уменьшения токсичности воздействием на рабочий процесс и конструкцию двигателя, так и различные нейтрализаторы ОГ, встраиваемые в его выпускную систему.

В зависимости от конкретных требований, определяемых назначением автомобиля, в комбинированную систему могут входить различные устройства.

Перечисленные способы нейтрализации ОГ в выпускной системе отличаются значительной сложностью конструкции и высокой стоимостью. Поэтому устанавливать на ДВС дополнительные устройства для уменьшения токсичности ОГ следует только при крайней необходимости, в случае, если исчерпаны все возможности достижения удовлетворительного состава путем конструктивных доработок и регулировок ДВС.

2.5. Уменьшение токсичности ОГ путем совершенствования систем зажигания и подачи топлива ДВС

Так как традиционный распределитель-прерыватель не всегда надежно осуществляет зажигание смеси, что сопровождается повышением в выхлопе продуктов неполного сгорания, то необходимо улучшить систему зажигания.

Первый способ - применение бесконтактного электронного зажигания, которое обеспечивает более мощный разряд на свечах зажигания и отличается большей стабильностью работы. Эта система дополняется микро-ЭВМ, которая автоматически изменяет момент опережения зажигания смеси в зависимости от нагрузки на двигатель и скорости движения, оптимизирует расход топлива и состав ОГ.

Второй способ - форкамерное (факельное) зажигание. Сущность способа состоит в том, что в малой форкамере богатая смесь поджигается электрической искрой, а образующийся при этом мощный факел пламени зажигает основную часть более бедной рабочей смеси в цилиндре, что сопровождается улучшением сгорания топлива. Такие двигатели позволяют уменьшить выброс всех токсичных компонентов при экономии до 10% топлива.

Совершенствование процессов подачи топлива достигается рядом

приемов.

Первый – разработка карбюратора, способного готовить необходимый состав рабочей смеси для любого режима работы двигателя.

Второй – изменение клапанного механизма с целью более тонкого распыления и лучшего перемешивания смеси при поступлении ее в цилиндр.

Третий прием - непосредственный впрыск топлива во впускной трубопровод или в цилиндры. При этом способе не наблюдается оседания топлива в виде капель на стенках впускного трубопровода. Система непосредственного впрыска особенно эффективна в сочетании с электронным управлением, которое автоматически дозирует топливо в зависимости от режима работы двигателя. Установлены не только снижение токсичности газов и экономия топлива, но и повышение мощности двигателей на 10...20% [34].

Кстати, на автомобилях Mercedes E4MATIC устанавливаются новые V-образные шестицилиндровые моторы объемом 2,8 и 3,2 литра и мощностью соответственно 204 и 224 л.с. Новая конструкция с двумя свечами и тремя клапанами на цилиндр позволила оптимизировать процесс сгорания топлива и снизить выбросы вредных веществ: теперь их в ОГ на 50% меньше, чем допускают нынешние требования Euro 2.

Мерседесовцы говорят, что подогнали двигатели под Euro 3 и Euro 4. Расход топлива уменьшился на 13%. Эксплуатационные расходы при пробеге 120 тыс. км снизилось на 29%.

2.6. Применение перспективных автотранспортных двигателей

2.6.1. Автотранспортные средства с дизельным двигателем

На ближайшую перспективу поршневые ДВС останутся основным типом автомобильных двигателей, причем большое развитие должны получить дизельные ДВС. Дизельные ДВС начали широко применяться после второй мировой войны на грузовых автомобилях большой грузоподъемности. Но в последние годы такие преимущества дизельного ДВС, как меньший удельный расход топлива (на 30...35%) и более низкая токсичность ОГ, обусловили их широкое применение не только на грузовых автомобилях большой и средней грузоподъемности и автобусах, но и на легковых автомобилях. У многих массовых зарубежных моделей легковых автомобилей существуют модификации с дизельным ДВС.

В дизельных ДВС (в отличие от карбюраторных) в цилиндры поступает, а затем сжимается только чистый воздух, необходимый для обеспечения процесса горения топлива.

Топливо подается форсункой при подходе поршня в верхнюю мертвую точку (ВМТ). К этому времени давление в цилиндре достигает 3,5...5,5 МПа, а температура - 500...600 °С. В этих условиях смесь топлива с воздухом самовоспламеняется.

Небольшое, по сравнению с карбюраторным ДВС, содержание CO и CnHm в ОГ дизельного ДВС объясняется особенностью его рабочего процесса. Для дизельного ДВС обычно коэффициент избытка воздуха составляет 1,3 ... 1,4; особенно сильно смесь обедняется при работе двигателя на холостом ходу. Максимальное содержание NO_x в ОГ, как и у карбюраторного ДВС, соответствует наиболее экономичным режимам работы и объясняется высокими температурами в камере сгорания.

К недостаткам дизельного ДВС с точки зрения токсичности ОГ относятся повышенное содержание сажи, соединений серы и неприятный запах ОГ. Большое содержание сажи связано с неоднородностью рабочей смеси, в результате чего распад (пиролиз) углеводородных соединений топлива сопровождается выделением чистого углерода. В ОГ выносятся только около 1 % углерода, а большая его часть сгорает в двигателе. Более высокое содержание соединений серы объясняется тем, что в состав дизельного топлива входит до 1% серы, которая в процессе сгорания топлива окисляется до SO.

ОГ являются основным источником токсичных веществ, выделяемых при работе дизельного ДВС. С картерными газами и за счет испарений из топливной системы выделяется очень небольшое (в отличие от карбюраторного ДВС) количество CnHm.

Работы по снижению токсичности ОГ дизельных ДВС в основном сводятся к уменьшению выделения NO_x и сажи. Добиваются этого как за счет совершенствования процессов смесеобразования и сгорания рабочей смеси, так и путем установки дополнительных устройств в системе выпуска, использования топлива с различными присадками, уменьшающими образование сажи.

2.6.1.1. Особенности процессов дизельного цикла. Дизельные топлива

Когда в 1897 г. Рудольф Дизель создал первый работоспособный двигатель, он не мог предвидеть, какие изменения претерпит его идея. Особенно большие изменения в системе питания дизелей произошли в последние годы, что сделало эти двигатели более пригодными для применения не только на грузовых, но и на современных легковых автомобилях. Более дешевое топливо, высокая экономичность дизельных двигателей, по сравнению с бензиновыми, всегда привлекали автомобилистов, но широкое применение дизелей сдерживалось присущими им недостатками — шумностью при работе, повышенным дымлением и сложностью пуска холодного двигателя. Современные конструкции дизелей в большинстве не имеют этих недостатков.

Образование рабочей смеси в дизеле начинается с момента впрыскивания дозы (порции) топлива в камеру сгорания. Топливо нагнетается за время 0,003...0,004 с.

К моменту начала впрыскивания топлива в этой камере находится

сжатый до 4...5 МПа и нагретый (главным образом от сжатия) до температуры 500...700°C, чего достаточно для самовоспламенения топлива.

Чтобы топливо могло проникнуть в такую сжатую среду, оно впрыскивается с давлением в несколько раз большим, чем давление воздуха, и с огромной скоростью.

Процесс сгорания в дизелях начинается при продолжающемся впрыске топлива и смесеобразовании. В результате незавершенности процесса смесеобразования, неравномерности распределения топлива по объему камеры сгорания и неоднородности горючей смеси сгорание в дизелях происходит менее интенсивно, чем в карбюраторных двигателях. При этом скорость сгорания в основном определяется подготовкой топлива к самовоспламенению на первом этапе сгорания и скоростью перемешивания топлива с воздухом на остальных стадиях. Поэтому процесс сгорания в дизелях значительно отличается от сгорания в карбюраторных двигателях. Возникают объемное воспламенение и диффузное горение. Полное сгорание в дизелях происходит при коэффициенте избытка воздуха больше единицы.

Диаграмма процесса сгорания в дизеле показана на рисунке 2.4. Процесс сгорания условно делят на четыре фазы: период задержки воспламенения, фазу быстрого горения, фазу быстрого диффузного горения и фазу догорания.

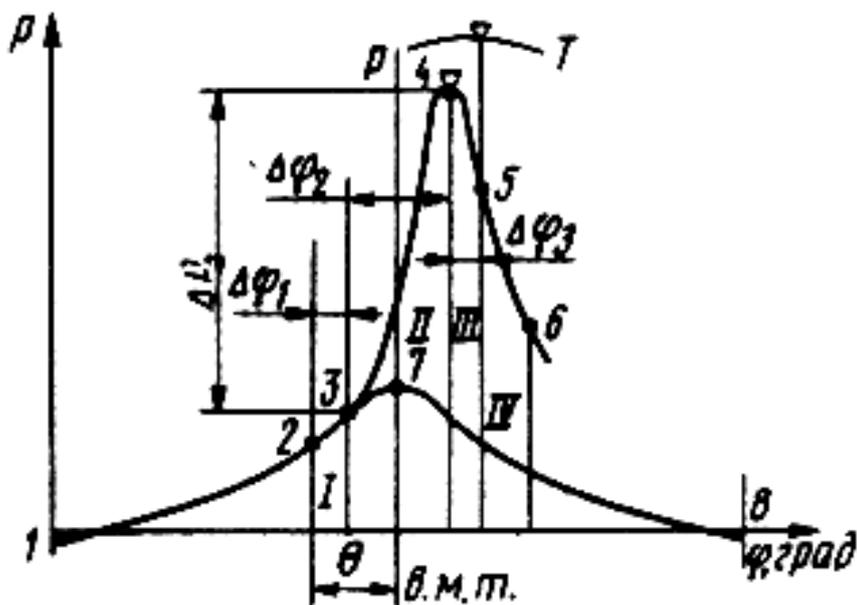


Рисунок 2.4 – Диаграмма процесса сгорания топлива в дизеле:
 12378 – изменение давления при выключенной подаче топлива; 2 – начало впрыска топлива; 3 – начало видимого сгорания; 4 – максимальное давление в цикле; 5 – давление при T_{max} ; 6 – конец догорания топлива; I – фаза задержки воспламенения; II – фаза быстрого горения; III – фаза быстрого диффузионного горения; IV – фаза догорания.

Первая фаза (участок 2-3) характеризуется промежутком времени от начала впрыска топлива до начала видимого сгорания. Ее называют фазой задержки воспламенения, или фазой подготовки очагов воспламенения. За время этой фазы впрыскиваемое топливо распыливается по объему камеры

сгорания, перемешивается с воздухом, прогревается и частично испаряется; развиваются химические предпламенные реакции и возникают очаги самовоспламенения. Таким образом, происходит физико-химическая подготовка топлива к сгоранию.

Впрыск топлива начинается до прихода поршня в в. м. т. и характеризуется углом θ опережения впрыска топлива.

Продолжительность первой фазы характеризуется временем τ_1 или углом поворота коленчатого вала $\Delta\varphi_1$, называемым углом задержки воспламенения.

По опытным данным, $\tau_1 = 0,002 \dots 0,004 \text{ с}$, $\Delta\varphi_1 = 10 \dots 20^\circ$. Количество выделяющейся теплоты в этой фазе невелико и потому на участке 2 – 3 резкого повышения давления не наблюдается.

Продолжительность периода задержки воспламенения существенно влияет на характер протекания последующих фаз сгорания. Если период задержки воспламенения велик, в цилиндре двигателя накапливается большое количество подаваемого топлива, значительная часть которого успевает испариться и смешаться с воздухом. В результате объемного воспламенения резко возрастает давление и ускоряется протекание других фаз сгорания. Двигатель работает жестко.

На период задержки воспламенения влияют физико-химические свойства топлива, давление и температура заряда в момент впрыска топлива, интенсивность вихревых движений воздуха, форма камеры сгорания, наличие остаточных газов, качество распыливания топлива, режим работы двигателя.

Чем выше воспламеняемость топлива, тем меньше период задержки воспламенения. Воспламеняемость топлива характеризуется цетановым числом. Чем оно больше, тем лучше воспламеняемость топлива. Цетановое число дизельного топлива составляет 45...60. Чем выше давление и температура заряда в момент впрыска топлива, тем меньше период задержки воспламенения. Повышение степени сжатия и применение наддува приводят к увеличению давления и температуры в цилиндре двигателя. От формы камеры сгорания зависят равномерность распределения топлива, интенсивность вихревых движений воздуха и температура стенок. При увеличении этих факторов продолжительность задержки воспламенения сокращается. При уменьшении нагрузки на двигатель и частоты вращения коленчатого вала период задержки воспламенения, как правило, увеличивается.

Вторая фаза (участок 3 – 4) — это фаза быстрого горения. Она измеряется временем или углом поворота коленчатого вала от момента воспламенения (точка 3) до момента достижения максимального давления в цикле (точка 4) и сопровождается резким нарастанием давления и температуры вследствие сгорания большей части заряда и интенсивного тепловыделения. Во время второй фазы химические реакции сгорания

распространяются по всей массе топлива. При работе двигателя на номинальном режиме в этой фазе выделяется около 1/3 теплоты от общей теплоты, выделяющейся при сгорании. Продолжительность фазы по углу поворота коленчатого вала соответствует $\Delta\varphi_2 = 10 \dots 15^\circ$.

Средняя скорость увеличения давления во время второй фазы сгорания характеризуется нарастанием давления по углу поворота коленчатого вала (МПа/град) и характеризует "жесткость" работы двигателя:

Жесткость определяется отношением $\Delta p_2 / \Delta \varphi_2 = (p_4 - p_3) / \Delta \varphi_2$, которое при мягкой работе дизеля составляет 0,4...0,6 МПа/град.

Эта фаза характеризуется также **степенью повышения давления** $\lambda = p_4 / p_7 = 1,5 \dots 1,8$.

Чем больше значения скорости и степени повышения давления, тем экономичнее работа двигателя. Однако при этом повышаются жесткость процесса сгорания, нагрузки на детали двигателя и интенсивность их изнашивания.

На продолжительность второй фазы влияют: продолжительность первой фазы сгорания; количество топлива, поступающего в цилиндр за время первой фазы; качество распыливания топлива; интенсивность вихревых движений воздуха; скоростной и нагрузочный режим работы дизеля. Чем меньше поступает топлива за этот период, тем мягче работа двигателя. В то же время чем больше подается топлива во второй фазе при высоком качестве распыливания топлива и интенсивных вихревых движений воздуха, тем меньше продолжительность второй фазы и жестче работа двигателя. Значительное снижение жесткости процесса сгорания достигается при применении разделенных камер сгорания и пленочном смесеобразовании.

Третья фаза (участок 4 – 5) — фаза быстрого диффузного сгорания. Она характеризуется почти постоянным давлением и измеряется промежутком времени τ_3 или углом поворота коленчатого вала $\Delta\varphi_3$ от момента достижения максимального давления до момента достижения максимальной температуры в цикле. В третьей фазе сгорает большая часть топлива и выделяется наибольшее количество теплоты.

Скорость горения в этой фазе главным образом определяется скоростью смешения паров топлива с воздухом.

На продолжительность фазы влияют количество и характер впрыскиваемого топлива, качество его распыливания, скорость перемещения поршня, нагрузка двигателя.

Четвертая фаза (участок после точки 5) — фаза догорания топлива, начинающаяся при максимальной температуре цикла и заканчивающаяся на линии расширения в момент окончания тепловыделения. Продолжительность этой фазы может достигать 70...80 ° по углу поворота коленчатого вала. Для достижения высоких показателей работы двигателя следует стремиться к сокращению продолжительности догорания топлива.

На характер и продолжительность протекания всего процесса сгорания влияют физико-химические свойства топлива, способ смесеобразования, конструкция камеры сгорания, состав смеси, давление и температура заряда в период впрыска топлива, характер и интенсивность вихревых движений воздуха, угол опережения и закон впрыска топлива, нагрузочный и скоростной режим работы дизеля. Давление и температура в конце сгорания находятся в пределах: $p_z = 5 \dots 10 \text{ МПа}$; $T_z = 1800 \dots 2300 \text{ К}$.

Для сгорания топливо должно быть смешано с воздухом в определенном соотношении. Для полного сгорания 1 кг топлива теоретически нужно около 15 кг воздуха. Но в действительности при таком соотношении топливо горит не полностью, потому что, несмотря на завихрение воздуха, не удается добиться тонкого распыления и полного испарения и топливно-воздушная смесь получается неоднородной. Это усугубляется малым временем на смесеобразование и вязкостью дизельного топлива. Для того чтобы в наиболее обогащенных топливом участках камеры сгорания соблюдалось выше указанное соотношение, в среднем по камере сгорания должен наблюдаться значительный избыток воздуха. Поэтому топливную аппаратуру дизеля регулируют так, чтобы получилась смесь, в которой воздуха на 35...80% больше, чем это необходимо теоретически (коэффициент избытка воздуха $\alpha = 1,35 \dots 1,8$). Т.е. дизелю для бездымной работы (для полного сгорания топлива) требуется больше воздуха, чем бензиновому двигателю. Поэтому почти все современные дизели оснащены турбонаддувом воздуха.

2.6.1.2. Особенности приготовления рабочей смеси и принятая форма камеры сгорания

Особенности приготовления рабочей смеси и принятая форма камеры сгорания оказывают существенное влияние на конструкцию и оценочные параметры дизелей.

По способу приготовления рабочей смеси различают *объемное*, *объемно-пленочное* и *пленочное смесеобразование*. Каждому из этих способов присущи свои характерные особенности, для реализации которых требуются и камеры сгорания, обладающие определенными свойствами. Однако существующие камеры сгорания по общности основных признаков их конструкции объединяют в две большие группы — неразделенные и разделенные. Принципиальные схемы типичных камер сгорания дизелей показаны на рисунке 2.5.

Неразделенные камеры сгорания в общем случае представляют собой объем, заключенный между днищем поршня, когда он находится в верхней мертвой точке (**в. м. т.**), и плоскостью головки (рисунок 2.5, *а — з*). Смешивается с воздухом и происходит его сгорание.

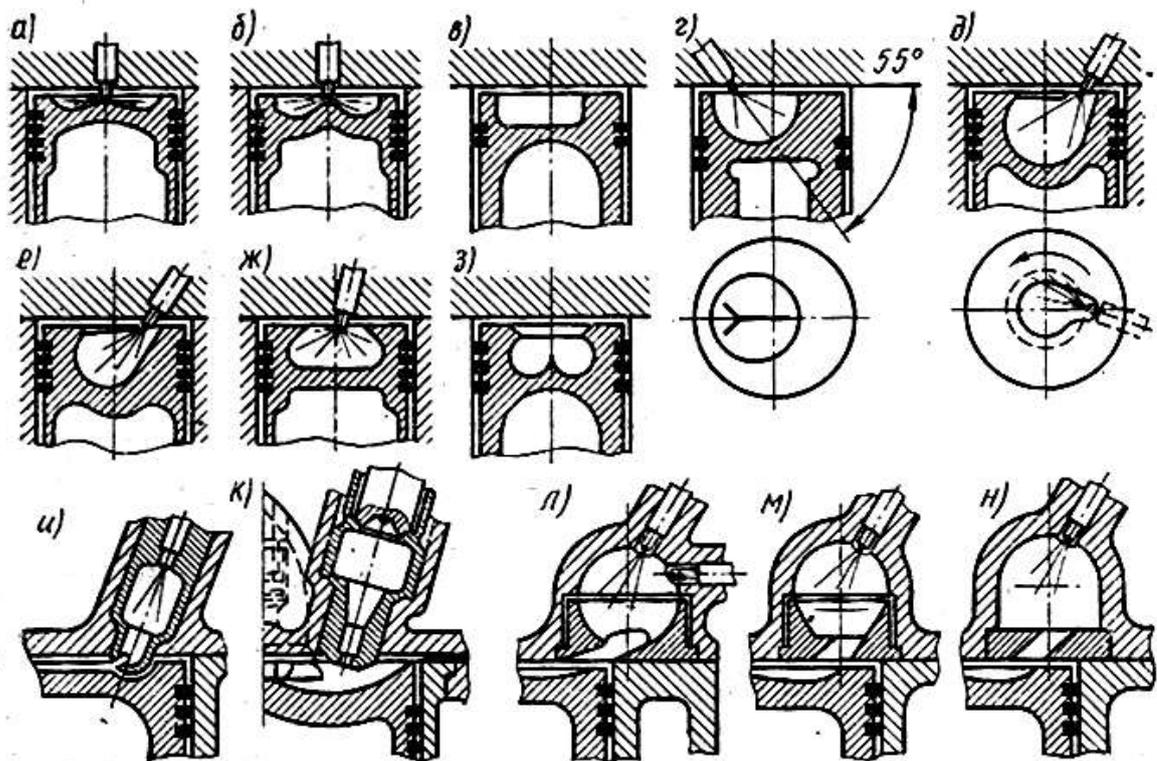


Рисунок 2.5 – Камера сгорания дизелей:

а, б, в, г, ж, з – однополосные (неразделенные); и, к, л, м, н – двухполосные (разделенные)

Такие камеры называют также **однополостными**, поскольку к моменту подачи топлива вся масса воздуха практически находится в углублении днища поршня, в котором впрыскиваемое топливо распыливается, перемеОднополостные камеры сгорания, углубляемые в днище поршня и образующие объем *полушарообразной* или *шарообразной формы* (рисунок 2.5, г, д), *усеченного конуса* (рисунок 2.5, ж, з), *торообразной* (рисунок 2.5, б) или иной формы, называют камерами в поршне (соответственно *дизели с камерами в поршне*). Если с надпоршневой полостью они соединены суженной горловиной, то их называют иногда *полу разделенными камерами*.

Разделенные камеры сгорания состоят из двух объемов, соединяемых между собой каналами: основного объема, заключенного в полости над днищем поршня, и дополнительного, располагаемого чаще всего в головке блока (рисунок 2.5, и — н). Широко известны две группы разделенных, или **двухполостных**, камер: **предкамеры** (рисунок 2.5, и, к) и **вихревые** (рисунок 2.5, л, м, н). Дизели с такими камерами именуют *предкамерными*, *вихрекамерными* или с *предкамерным* и *вихрекамерным смесеобразованием*.

Объемное смесеобразование основано на впрыскивании топлива непосредственно в толщу горячего воздуха, находящегося в объеме камеры сгорания дизеля. Глубину проникновения факела топлива, и форму его

выбирают так, чтобы свежий заряд воздуха возможно полнее охватывался факелом распыленного топлива и последнее не попадало на стенки камеры, как, например, в камере Гессельмана (рисунок 2.5, *а*). Чем лучше при этом распылено топливо и перемешано с воздухом, тем эффективнее протекает процесс сгорания. Принцип объемного смесеобразования наиболее полно осуществляется в камерах сгорания, имеющих **чашеобразную форму** (рисунке 2.5, *в*) или **форму фигурной** (рисунок 2.5, *а, б*) выемки в днище поршня. Дизели с такими камерами принято называть **дизелями с непосредственным впрыскиванием**. Работают они чаще всего с многодырчатыми форсунками, с центральным расположением.

Для лучшего перемешивания частиц распыленного топлива с воздухом свежему заряду его сообщают при впуске вращательное движение около оси цилиндра (создают осевой вихрь). С этой целью применяют локальные ширмы на впускных клапанах (рисунок 2.5, *а*), на седлах этих клапанов (что более рационально, рисунок 2.5, *б*) и завихрители (дефлекторы) во впускных каналах, а чаще всего используют тангенциальные (рисунок 2.5, *в*) или винтовые (рисунок 2.5, *г*) впускные каналы.

Неразделенные камеры сгорания имеют относительно небольшую поверхность теплоотдачи и в сочетании с хорошо организованным объемным смесеобразованием обеспечивают работу дизелей с удельным расходом топлива, составляющим 180 — 220 г/(кВт·ч). Недостатками являются: повышенная жесткость работы (1,0 — 1,2 МПа на каждый градус поворота вала), большие абсолютные величины давления в цилиндре (до 10 МПа и более) и высокое давление впрыска необходимое для нормальной работы форсунок – до 100 МПа и более.

Выше упомянутые недостатки частично устранялись в чашеобразной несимметричной смещенной в сторону форсунки камере сгорания «Мерседес-Бенц» (рисунок 2.5, *в*) в сочетании с винтовыми впускными патрубками, обеспечивающими интенсивное вращательное движение заряда в цилиндре, позволяет уменьшать недостатки рассматриваемых камер и сохранять минимальный удельный расход топлива на уровне 215 г/(кВт·ч).

Объемное смесеобразование может использоваться также в сочетании с двухполостными камерами сгорания. Дизели в этом случае оказываются менее экономичными, но работают мягче и устойчиво на частотах 4000 — 5000 мин⁻¹ и более. Двухполостные (разделенные) камеры сгорания имеют сравнительно большую поверхность теплоотдачи, а высокое качество перемешивания топлива с воздухом достигается в них за счет перетекания рабочего тела из одной полости в другую (предкамеры) или путем организованного движения воздуха в дополнительной камере (вихревые камеры). В результате неизбежно возрастающих при этом тепловых и гидродинамических потерь экономичность дизелей снижается.

В дизелях с предкамерным смесеобразованием топливо подают в дополнительную камеру (рисунок 2.5, *и, к*), объем которой составляет примерно 0,25 – 0,35 от общего пространства сжатия (V_C), поэтому сгорает в ней лишь небольшая доля топлива, а оставшаяся часть вместе с продуктами

сгорания под действием давления с большой скоростью вытекает в основную камеру через один или несколько узких соединительных каналов. Размер и расположение канала (каналов) подбирают из условий обеспечения более тонкого распыливания несгоревших частиц топлива и лучшего перемешивания их с воздухом в основной камере. Следовательно, предкамерное смесеобразование осуществляют в основном за счет энергии перетекания газов из дополнительной в основную камеру в процессе сгорания. Перепад давлений между ними определяется сгоранием топлива в предкамере, которое почти не зависит от частоты вращения, что и предопределяет малую чувствительность предкамерных дизелей к изменению скоростного режима. Рассредоточение в них процесса сгорания по двум полостям и некоторая в связи с этим растянутость его обеспечивают дизелям сравнительно мягкую работу с максимальным давлением в цилиндрах, не превышающим 5 – 6 МПа, а хорошее использование воздуха позволяет работать с относительно малым коэффициентом избытка воздуха ($\alpha=1,3$).

Недостатками предкамерных дизелей являются низкая экономичность – минимальный удельный расход топлива составляет около 270 г/(кВт·ч) – и трудность пуска холодного двигателя в связи с отрицательным влиянием большой поверхности теплоотдачи в двухполостных камерах сгорания.

В дизелях с вихрекамерным смесеобразованием объем дополнительной камеры составляет 0,5 – 0,6 от общего объема V_c . Основная и дополнительная камеры соединяются достаточно широким каналом, который располагают тангенциально к образующей дополнительной камеры (рисунок 2.5, л), благодаря чему и обеспечивается нужное в ней вихревое движение воздуха. Вихрекамерное смесеобразование осуществляют в основном за счет организованного движения воздуха в дополнительной камере, что обеспечивает сравнительно хорошее его использование. Вихрекамерные дизели удовлетворительно работают при $\alpha=1,35$ и максимальном давлении в цилиндрах, составляющем 6,0 – 6,5 МПа. Жесткость их работы несколько выше предкамерных, но потери, связанные с перетеканием рабочего тела из одной камеры в другую, ниже уровня предкамерного смесеобразования, а экономичность таких дизелей можно оценить удельным расходом топлива, равным примерно 250 г/(кВт·ч).

Для облегчения холодного пуска дизели с двухполостными камерами выполняют с высокими степенями сжатия (18 – 24) и снабжают свечами накаливания.

Принципиальная разница между *объемным* и *пленочным* способами смесеобразования состоит, следовательно, в том, что в первом случае частицы распыливаемого топлива непосредственную смешивают с воздухом, а во втором – подавляющую часть топлива сначала испаряют и в парообразном состоянии перемешивают с воздухом при интенсивном вихревом движении его в камере. Пленочное смесеобразование известно под названием М-процесса, при котором топливо подают на стенки камеры по направлению движения воздуха, как показано на рисунке 2.5, д, примерно со

скоростью движения последнего, и только около 5% его впрыскивают отдельной струйкой в толщу нагретого воздуха для целей первоначального воспламенения (деление цикловой подачи на две порции). В результате растекания топлива по стенкам абсолютная скорость его движения гасится, а разность движения между топливом и воздухом увеличивается, достигая своего максимума к моменту окончания подачи. Чтобы обеспечить испарение топливной пленки со стенок камеры, нагрев последних поддерживают на уровне примерно 350°C (более высокий нагрев стенок вызывает коксование топлива и появление сажи, поэтому днище поршня охлаждают маслом).

Интенсивный вихрь, получаемый путем экранирования впускного клапана или иным способом, захватывает все новые и новые порции пара и таким образом последовательно все топливо вовлекается в процессы смесеобразования и сгорания. Благодаря этому максимальное давление в цилиндрах не превышает 6,5 МПа, двигатель работает мягко с нарастанием давления примерно 0,3 МПа на каждый градус поворота вала, а хорошее использование воздуха снижает дымность отработавших газов. Удельный расход топлива составляет около 220 г/(кВт·ч), литровая мощность превышает 18 кВт/л (при $n = 3200 \text{ мин}^{-1}$), причем дизели удовлетворительно работают практически на многих жидких топливах и, следовательно, являются многотопливными.

Недостатки *M* – процесса состоят в трудности пуска холодного двигателя, когда подача топлива на холодные стенки камеры сгорания затрудняет парообразование. Чтобы облегчить пуск, воздух, подогревают в впускном трубопроводе с помощью факела от отдельной форсунки, а если впускные клапаны экранированы, то на время пуска их поворачивают на 180°, обеспечивая этим изменение направления вращения воздуха в камере сгорания. В результате струйки топлива попадают не на стенки, а в горячий воздух и смесеобразование осуществляется как объемное, обеспечивая надежный пуск.

Развитие *M* – процесса привело к созданию многотопливных двигателей, работающих по так называемому *FM* – процессу, позволяющему использовать высокооктановые бензины и спирты (метанол). При этом в цилиндре создают интенсивное вихревое движение заряда воздуха с помощью винтового впускного канала и вводят электрическую свечу зажигания, которую размещают в шарообразной камере на противоположной стороне от форсунки. Топливо подается, как в *M* – процессе, в направлении движения воздушного заряда на стенку камеры сгорания, но через односопловую форсунку, а образующиеся в пристеночной зоне камеры пары топлива вследствие испарения его пленки со стенок камеры сгорания воспламеняются от электрической искры. Следовательно, *FM* – процесс основан на принципе расслоения заряда, поэтому холодный пуск двигателя не вызывает затруднений.

Объемно – пленочное смесеобразование обладает свойствами как объемного, так и пленочного способов приготовления рабочей смеси. Дизели

работают при этом сравнительно мягко, с нарастанием давления – примерно 0,4 МПа на градус угла поворота вала – и имеют сравнительно хорошую экономичность. На рисунке 2.5, *ж* приведена камера сгорания ЦНИДИ, позволяющая осуществлять объемно-пленочное смесеобразование. Она имеет форму усеченного конуса с малым основанием, открывающимся в надпоршневую полость. Топливо подается многодырчатой форсункой под небольшим углом к оси цилиндра. По выходе из сопловых отверстий струйки распыливаемого топлива пронизывают толщу горячего воздуха и, достигая стенок камеры, растекаются по ним тонкой пленкой. Необходимая интенсивность вихреобразования в камере ЦНИДИ достигается только перетеканием в нее воздуха, вытесняемого из надпоршневой полости в процессе сжатия, вследствие чего возникает кольцевой автономный вихрь в вертикальной плоскости (радиальный вихрь) рисунок 2.5, *б*. Это несколько упрощает конструкцию и облегчает пуск двигателя, что составляет преимущество объемно-пленочного смесеобразования и, в частности, принципа ЦНИДИ по сравнению с рассмотренным пленочным способом смесеобразования.

Объемно-пленочное смесеобразование можно осуществить также в камерах другого типа. Так, на рисунке 2.5, *е* представлена цилиндрическая камера Пишингера с полусферическим днищем, ось которой наклонена под углом 20° к оси цилиндра, а форсунка с двумя сопловыми отверстиями расположена на ее периферии. Один из факелов подаваемого через форсунку топлива проходит вблизи и вдоль стенок камеры, а второй — направляется к оси камеры. Поэтому в момент пуска двигателя осуществляется принцип объемного смесеобразования, а после пуска — объемно-пленочное или близкое к этому смесеобразование, поскольку в цилиндре и камере сгорания формируется интенсивный осевой вихрь, возникающий вследствие обязательного при этом закручивания потока воздуха на входе в цилиндр.

На рисунке 2.5, *г* представлена полусферическая однополостная камера сгорания в поршне дизелей ВТЗ с воздушным охлаждением, имеющая относительно малую поверхность теплоотвода и меньшие, следовательно, потери теплоты в стенки в сравнении с другими формами камер. Камера смещена относительно оси поршня в сторону форсунки и работает в сочетании с осевым вихревым движением заряда воздуха, а также взаимодействующими с ним кольцевыми вихрями в верхней зоне камеры, возникающими вследствие перетекания заряда из надпоршневой полости при сжатии. Топливо подается в зону кольцевых вихрей через три сопловых отверстия форсунки, ось которой смещена относительно оси камеры к периферии, как показано на рисунке. В результате достигается объемно-пленочное смесеобразование, обеспечивающее приемлемую для тракторных двигателей с воздушным охлаждением экономичность.

На рисунке 2.5, *з* показана камера сгорания, сходная с камерой ЦНИДИ, но с коническим выступом в центре. Топливо подается в нее через форсунку с четырехдырчатым распылителем. Предназначена она для автомобильных дизелей воздушного охлаждения с объемно-пленочным

смесеобразованием и обеспечивает удельный расход топлива, равный 225 г/(кВт·ч) при относительно небольшой токсичности отработавших газов.

Ниже приведены некоторые конкретные примеры форм камер сгорания (рисунок 2.6).

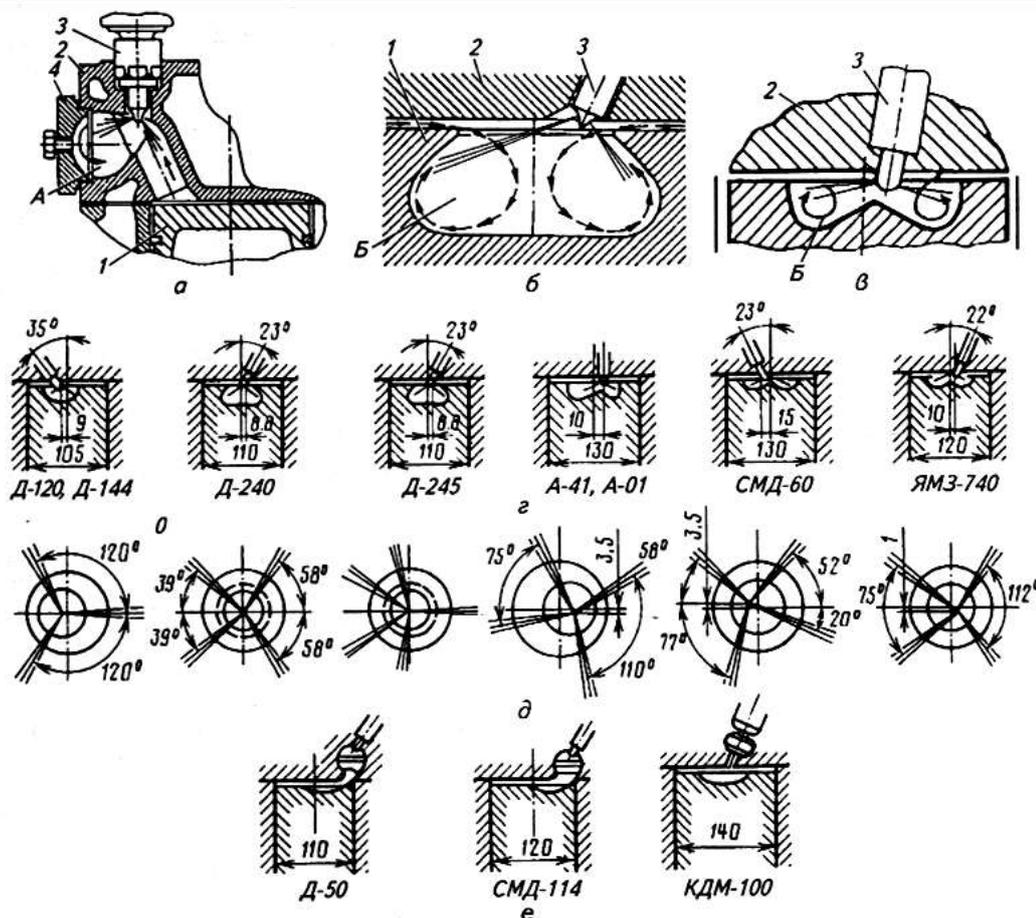


Рисунок 2.6 – Камеры сгорания дизелей:

а – вихревая (фирма Перкинс); *б* – дельтавидная; *в* – тороидальная (КамАЗ, ЯМЗ, А – 41); *г* – конкретных моделей; *д* – направления факелов топлива из форсунки; *е* – разделенные. 1 – поршень; 2 – головка цилиндров;

3 – форсунка; 4 – вставка вихревой камеры.

А – полость вихревой камеры; Б – полость в поршне.

У большинства современных отечественных дизелей тракторов и грузовых автомобилей применено объемно – пленочное смесеобразование. Выемки в поршне образуют форму камеры в виде тора (СМД, КамАЗ, ЯМЗ, А-41, А-01) или усеченного конуса – дельтавидная камера (Д-243, Д-245) (рисунок 2..6, *б*, *г*, *д*). Во время движения поршня вверх при такте сжатия воздух в углах выемки закручивается с большой скоростью. Форсунки впрыскивают часть топлива (до 60 %) в объем навстречу движению воздуха, остальную часть —на стенки поршня. Топливо воспламеняется от высокой температуры воздуха в объеме и по мере испарения со стенок поршня. Двигатели менее требовательны к точности изготовления форсунок (давление регулировки последних 15...20 МПа), достаточно мягки в работе

($J = 0,25 \dots 0,4$ МПа/град) и экономичны [$g_e = 230 \dots 250$ г/(кВт • ч)].

Двигатели с пленочным смесеобразованием и сферической камерой в поршне применяются реже (двигатели фирмы MAN, частично Д-120 и Д-144, рисунок 2.6, з). Этот способ обеспечивает приемлемую жесткость работы – $J = 0,2 \dots 0,3$ МПа/град и экономичность – $g_e = 210 \dots 240$ г/(кВт•ч), но требует точного поддержания температуры поршня.

Раньше дизельные двигатели легковых автомобилей имели маленькую предкамеру в головке цилиндров (систему, разработанную британским исследователем сэром Гарри Риккардо). Одними из лучших примеров предкамерных легковых дизелей были 1,9 – литровые двигатели XUD, использовавшиеся Peugeot и Citroen и выпущенные в огромных количествах. Но узкий канал, соединяющий предкамеру и основную камеру сгорания, был источником насосных потерь — воздух преодолевал сопротивление, проходя в предкамеру, и должен был затем вырваться обратно. Большая площадь теплоотдачи двухполостной камеры приводили к более низкому тепловому КПД и затрудненному холодному пуску. Было понятно, что двигатели с непосредственным впрыском будут более эффективными и экономичными.

Стремление к дальнейшему улучшению энергетических и экономических показателей привело к тому, что современные дизели ведущих импортных производителей (как легковые, так и тракторные) имеют неразделенную камеру с объемным смесеобразованием, а с жесткостью работы научились бороться с помощью многоступенчатого впрыска (впрыск производится несколькими порциями от 2 до 5). Первая запальная доза, которая подвергается объемному жесткому сгоранию (на которой проявляет свое негативное воздействие задержка воспламенения), составляет около 5%, остальные порции (одна или несколько) впрыскиваются в уже горящую смесь и сгорают мягко.

Неразделенные камеры позволяют повысить экономичность, экологичность двигателя, а также и его пусковые качества (особенно холодного двигателя).

2.6.1.3. Дизельные топлива

Дизельное топливо — это нефтяная фракция, основу которой составляют углеводороды с температурами кипения 200 – 350 °С. Выглядит дизельное топливо как более вязкая, чем бензин, прозрачная жидкость желтого или светло-коричневого цвета в зависимости от содержания смол. Дизельное топливо так же, как и бензин, легче воды и практически не растворяется в ней.

Для быстроходных автомобильных дизельных двигателей с частотой вращения коленчатого вала более 1000 мин⁻¹ выпускаются топлива на базе керосиновых, газойлевых и соляровых дистиллятов прямой перегонки. Для снижения содержания серы используют гидроочистку и карбамидную депарафинизацию. В силу этого состав дизельных топлив ограничивается в основном алкановыми и нафтеновыми углеводородами. Непредельных углеводородов в дизельных топливах практически нет. В некоторые сорта

дизельных топлив добавляют не более 20 % каталитического газойля с содержанием ароматических углеводородов.

Рабочий процесс в дизельном двигателе принципиально отличается от процесса сгорания топливовоздушной смеси в бензиновом двигателе. В цилиндрах дизеля сжимается не рабочая смесь, а воздух, причем степень сжатия достигает 20-30 (в бензиновых двигателях — 9-12). В воздух, сжатый до 3-7 МПа и нагретый за счет сжатия до 500-800 °С, под высоким давлением (до 150 МПа) через форсунку впрыскивается дизельное топливо. Оно практически мгновенно испаряется, перемешивается с горячим воздухом, нагревается до температуры самовоспламенения и сгорает. Принудительное зажигание рабочей смеси отсутствует.

Сложные процессы смесеобразования и сгорания топлива происходят в дизеле в течение очень малого промежутка времени, соответствующего повороту коленчатого вала на угол около 20°. Чем быстрее ходит двигатель, тем это время меньше. В бензиновом двигателе при равной частоте вращения коленчатого вала на смесеобразование и сгорание приходится в 10 – 15 раз больше времени. Отсюда и специфические требования к качеству дизельного топлива.

Надежная и экономичная работа дизеля обеспечивается, когда правильно подобрано топливо, установлен оптимальный угол опережения впрыска, а смесь полностью сгорает во время рабочего хода. Иначе увеличивается дымность выхлопа, падает мощность, повышается удельный расход топлива.

Для обеспечения полного и качественного сгорания к дизельному топливу предъявляются следующие требования: хорошая прокачиваемость как условие бесперебойной и надежной работы топливного насоса высокого давления (ТНВД); обеспечение тонкого распыла и хорошего смесеобразования; полное сгорание топлива; предотвращение нагарообразования на клапанах, поршнях и поршневых кольцах, зависания игл и закоксовывания распылителей форсунок; отсутствие коррозионного воздействия на детали двигателя, топливоподающую систему, топливопроводы и топливные баки; высокая химическая стабильность.

К свойствам дизельных топлив, отвечающим всем эксплуатационным требованиям, относятся: цетановое число, вязкость и плотность, низкотемпературные свойства, фракционный состав и испаряемость, противокоррозионные свойства и стабильность топлива, наличие механических примесей и воды, удовлетворение экологическим требованиям.

Цетановое число (ЦЧ) — это показатель воспламеняемости дизельного топлива, численно равный объемному проценту цетана в эталонной смеси, которая в условиях испытания равноценна по воспламеняемости эталонному топливу. В состав эталонной смеси входят цетан и альфа-метилнафталин. Склонность цетана к самовоспламенению оценивают в 100 единиц, а альфа-метилнафталина — в 0 единиц. Так, если смесь состоит из 30 % цетана и 70 % альфа-метилнафталина, то считается,

что ее цетановое число равно 30.

Цетан относится к нормальным углеводородам парафинового ряда, для которых характерны наиболее быстрый распад и окисление в сжатом воздухе под действием температуры и давления. У него очень небольшой период задержки воспламенения, что обеспечивает мягкую работу двигателя. Представитель углеводородов ароматического ряда альфа-метилнафталин отличается наибольшим периодом задержки и высокой температурой воспламенения. Поэтому при большом содержании альфа-метилнафталина (низком цетановом числе) происходит резкое нарастание давления в цилиндре двигателя на 1° угла поворота коленчатого вала и жесткая работа дизеля.

Оценку самовоспламеняемости дизельных топлив для быстроходных дизелей производят аналогично методу оценки детонационной стойкости бензинов. Испытываемый образец в обоих случаях сопоставляется с эталонным топливом на одноцилиндровой установке серии ИТ-9 с изменяемой степенью сжатия.

Цетановое число может быть определено также расчетным путем, например, по плотности ρ_{20} и кинематической вязкости V_{20} при температуре +20 °С по формуле:

$$ЦЧ = 1,5879 \frac{(V_{20} + 17,8)}{\rho_{20}}$$

По ГОСТ 305-82 цетановое число дизельного топлива должно быть не менее 45. Чем выше ЦЧ, тем лучше воспламеняемость топлива. В то же время при использовании топлива с повышенным цетановым числом происходит преждевременное воспламенение топливной смеси, которое снижает экономичность и мощность дизеля, вызывает обильное дымление. Применение топлива с цетановым числом менее 40 приводит к жесткой работе двигателя (возникает характерный металлический стук, напоминающий детонацию в бензиновом двигателе, вибрация, перегрев поршней и головок цилиндров и другие).

Цетановое число топлива может быть повышено регулированием углеводородного состава или введением в состав топлива специальных присадок. Однако увеличение концентрации нормальных парафинов (цетана) при снижении ароматических ограничено повышенной температурой плавления нормальных парафинов, поэтому их содержание в зимних марках дизельных топлив строго регламентировано. Специальные кислородосодержащие присадки (органические перекиси, сложные эфиры азотной кислоты — этилнитрат, изопропилнитрат и др.) резко снижают период задержки самовоспламенения, который внешне проявляется как работа дизеля на высокоцетановом топливе. Так, добавление 1 % изопропилнитрата в зимнее, арктическое или низкоцетановое топливо, полученное путем каталитического крекинга, повышает ЦЧ на 10 – 12

единиц. Кроме того, эта присадка позволяет улучшить пусковые качества топлива при низкой температуре и уменьшить нагарообразование.

Вязкость и плотность дизельных топлив влияют на процессы испарения и смесеобразования.

Пониженное или повышенное значение кинематической вязкости (для топлив различных марок оптимальное значение лежит в пределах 1,5 – 6,0 мм²/с) приводит к нарушению работы топливоподающей аппаратуры, а также процессов смесеобразования и сгорания рабочей смеси.

При пониженной вязкости топливо вытекает через зазоры в плунжерных парах топливного насоса высокого давления, вследствие чего изменяется его дозировка, уменьшается цикловая подача, снижается давление впрыска, увеличивается нагарообразование. Снижение вязкости топлива ухудшает и его смазочные свойства, что приводит к увеличению интенсивности изнашивания прецизионных плунжерных пар ТНВД, так как их износ определяется физическим состоянием топлива. Кроме того, при этом увеличивается опасность подтекания и просачивания маловязкого топлива и, как следствие, роста его расхода. Падение мощности двигателя может быть вызвано снижением цикловой подачи топлива.

Повышенная вязкость топлива приводит к ухудшению качества смесеобразования, при распылении образуются крупные капли и длинная струя с малым углом. При этом продолжительность процесса испарения возрастает, топливо сгорает не полностью, увеличивается его расход, повышается нагарообразование, возникает дымление (цвет отработавших газов становится темным).

Более мелкие и однородные по составу капли рабочей смеси улучшают процессы испарения, смесеобразования и сгорания, что характерно для распыления дизельного топлива с кинематической вязкостью 2,5 – 4,0 мм²/с при температуре +20 °С. Топливо с такой вязкостью при отрицательных температурах сохраняет такие эксплуатационные свойства, как текучесть и проходимость по трубопроводам, через фильтры тонкой очистки и насос высокого давления.

Поскольку с понижением температуры вязкость значительно возрастает, существенно ухудшаются пусковые свойства топлива, особенно в холодное время года.

Плотность дизельного топлива нормируется (в отечественных стандартах) при температуре +20 °С: для летнего топлива — не более 860 кг/м³, зимнего — не более 840 кг/м³ и арктического — не более 830 кг/м³.

В зарубежных стандартах плотность нормируется при температуре +15 °С. По европейскому стандарту EN 590 плотность летних дизельных топлив должна составлять 820 – 850 кг/м³, зимних — 800 – 845 кг/м³. Низкотемпературные свойства дизельных топлив, характеризуемые температурами помутнения и застывания, оценивают, устанавливая предельно низкую температуру окружающей среды (воздуха), при которой его подача из топливного бака к двигателю происходит бесперебойно.

Температурой помутнения называется температура, при которой

топливо теряет прозрачность в результате выпадения кристаллов н-парафиновых углеводородов или микрокристаллов льда, но не теряет текучести.

Микрокристаллы высокоплавких углеводородов образуют в фильтре тонкой очистки непроницаемую для топлива парафиновую пленку, в результате чего подача топлива прекращается. Чаще всего это проявляется при пуске и прогреве дизеля, так как в это время в подкапотном пространстве еще сохраняется низкая температура.

Бесперебойная подача обеспечивается при температуре помутнения топлива на 5 – 10 °С ниже температуры окружающего воздуха, при которой эксплуатируется автомобиль.

Температурой застывания называется температура, при которой дизельное топливо не обнаруживает подвижности (текучести) при наклоне под углом 45° в течение 1 мин. Подвижность топлива определяют по стандартному прибору. Восстановить текучесть на некоторое время можно перемешиванием застывшего топлива, однако затем оно обычно вновь застывает.

Разница между температурой помутнения и застывания составляет 5 – 15 °С в зависимости от химического состава топлива. Например, для летнего дизельного топлива (с температурой конца перегонки 360 °С) при использовании его в умеренной климатической зоне температура помутнения равна – 5 °С, а температура застывания равна – 10 °С. Для зимнего топлива (с температурой конца перегонки 340 °С) в той же климатической зоне температура помутнения составляет – 25 °С, а температура застывания – 35 °С.

Для экологически чистых дизельных топлив введен дополнительный показатель — предельная температура фильтруемости. Данную температуру определяют путем прямой фильтрации топлива при заданной температуре или в определенном интервале температур. Предельная температура фильтруемости для летнего дизельного топлива составляет – 5 °С, а для зимнего – 25 °С.

Учитывая, что в нашей стране преобладает холодный климат, для зимних и арктических марок дизельных топлив установлены требования к низкотемпературным свойствам, которые приведены в таблица 2.4.

Таблица 2.4 – Требования к низкотемпературным свойствам дизельных топлив

Марка топлива	Температура, °С, не выше			
	применения (окружающая среда)	помутнения	застывания	фильтруемости
З минус 35	– 20	– 25	– 35	–
З минус 45	– 30	– 35	– 45	–
А минус 55	– 50	–	– 55	–

ДЗп – 5/ – 15	– 15	– 5	– 30	– 15
ДЗп – 5/ – 25	– 25	– 15	– 35	– 25
ДЗп – 5/ – 35	– 35	– 25	– 45	– 35
ДЗп – 5/ – 50	–50	– 50	– 55	–

Низкотемпературные свойства дизельных топлив улучшают двумя способами: удалением из их состава высокоплавких парафинов нормального строения или добавлением в них депрессорных присадок.

Дизельные топлива с депрессорными присадками, выпускаемые в соответствии с ТУ 38.101889-81, маркируют как ДЗп. Низкотемпературные свойства таких дизельных топлив также приведены в таблице 1.8. Добавление депрессорных присадок в дизельное топливо приводит к снижению температуры застывания с – 10 °С до – 35 °С и снижению предельной (соответствующей температуре применения топлива) температуры фильтрации с –5 °С до –20 °С.

Депрессорные присадки этилцеллозольва (жидкость «И») и ТГФ-М существенно снижают температуру застывания и предельную температуру фильтруемости и практически не изменяют температуру помутнения.

Депрессорная присадка «Антигель» вводится в топливо для снижения предельной температуры фильтруемости до –20... –24 °С и температуры застывания до –30... –35 °С, улучшения противоизносных свойств.

Внимание! Присадку следует добавлять в топливо, в котором нет выпавших кристаллов парафина.

Некоторые присадки к дизельным топливам снижают только температуру застывания, но не влияют на температуру фильтруемости, что приводит к образованию в топливных баках двух слоев: верхнего (прозрачного) слоя, обладающего пониженным цетановым числом, и нижнего (мутного), содержащего мелкие кристаллы парафина.

При отсутствии зимнего («З») и арктического («А») товарных дизельных топлив допускается разбавление летнего («Л») и зимнего топлив тракторным керосином в соотношениях, приведенных в таблице 2.5.

Таблица 2.5 – Показатели дизельного топлива

Температура окружающего воздуха	Содержание керосина, % (по объему), в смеси с дизельным топливом	
	летним	зимним
От 0 до – 5	10	-
От – 5 до – 10	20	-
От – 10 до – 15	30	-
От – 15 до – 20	40	-
От – 20 до – 25	50	-
От – 25 до – 30	60	10
От – 30 до – 35	70	20

От – 35 до – 40	80	30
От – 45 до – 50	90	40
Ниже – 50	-	50

Однако следует помнить, что разбавленное керосином дизельное топливо теряет часть своих смазывающих свойств, что приводит к ускоренному изнашиванию деталей топливной аппаратуры. Кроме того, такое топливо более пожароопасно.

Допускается также добавление в дизельное топливо специальных добавок — антигелей, снижающих его предельную температуру фильтруемости и обеспечивающих эксплуатацию дизельных двигателей при сверхнизких температурах (до $-47\text{ }^{\circ}\text{C}$).

Внимание! *Низкотемпературные свойства дизельных топлив связаны с его цетановым числом: чем выше ЦЧ топлива, тем хуже его низкотемпературные свойства.*

Фракционный состав и испаряемость дизельного топлива определяются его физико-химическими свойствами. Если на первую стадию смесеобразования — распыливание — решающее влияние оказывает вязкость топлива, то на вторую стадию (испарение) — его испаряемость.

По ГОСТ 305-82, испаряемость дизельного топлива, характеризуемая фракционным составом, определяется температурами выкипания 50 и 96 процентов топлива (соответственно $t_{50\%}$ и $t_{96\%}$). Температура начала кипения отечественных дизельных топлив обычно находится в пределах $170\text{--}200\text{ }^{\circ}\text{C}$, $t_{50\%}$ составляет $255\text{--}280\text{ }^{\circ}\text{C}$, а температура конца перегонки ($t_{96\%}$) примерно равна $330\text{--}360\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Показатель температуры $t_{50\%}$ характеризует пусковые качества топлива. Чем эта температура ниже, тем более облегчен фракционный состав данного топлива, тем быстрее и полнее оно испаряется в камере сгорания. Однако после прогрева двигателя до рабочей температуры топливо с облегченным фракционным составом вызывает жесткую работу дизеля.

Температура $t_{96\%}$ указывает на содержание в топливе высококипящих углеводородов (трудноиспаряющаяся фракция), которые во время рабочего процесса в камере сгорания испаряются медленно и неполно. Повышение доли этой фракции ухудшает смесеобразование и вызывает неполное сгорание топлива, затрудняет пуск дизеля, снижает его экономичность и увеличивает дымность отработавших газов. Поэтому дизельные топлива должны обладать оптимальной испаряемостью.

Противокоррозионными свойствами дизельные топлива должны обладать для обеспечения минимального воздействия коррозионного разрушения деталей дизеля. Причины коррозионной агрессивности дизельных топлив те же, что и у бензинов: наличие в их составе сернистых соединений, водорастворимых кислот и щелочей, а также органических

кислот.

При производстве дизельных топлив из сернистых нефтепродуктов получают газойлевые и соляровые дистилляты с содержанием серы до 1,0-1,3 %. Сера из дистиллятов удаляют каталитическим способом, позволяющим снизить ее содержание до 0,2-0,5 %, что по ГОСТ 305-82 является допустимой нормой. Повышенное до 0,6 % содержание серы в топливах приводит к увеличению износа гильз цилиндров и поршневых колец в среднем на 15 %, а повышение до 1 % ускоряет этот процесс в 1,5 раза.

Из активных сернистых соединений (элементарная сера, меркаптановая сера, сероводород) наибольшей коррозионной агрессивностью обладает меркаптановая сера. Содержание ее в топливах не должно превышать 0,01 % (норма по ГОСТ). При повышении массовой доли меркаптановой серы до 0,06 % коррозионный износ плунжерных пар и деталей форсунок увеличивается в 2 раза. Поэтому при производстве дизельных топлив обязательно проводят их коррозионные испытания медной пластинкой. Если медная пластинка выдерживает испытания, то коррозионная агрессивность топлива отсутствует.

Антигелевые добавки фирм Hi-Gear, Energy Release и SCT («MANNOL»), снижающие температуру застывания дизельного топлива

Кроме того, учитывая высокую коррозионную агрессивность и низкую химическую стабильность меркаптанов, помимо испытания на медную пластинку (качественная оценка), содержание в производимом топливе меркаптановой серы определяют еще и потенциометрическим методом.

Минеральные кислоты и щелочи обнаруживают по реакции водной вытяжки. Присутствие водорастворимых кислот и щелочей в дизельных топливах не допускается. Кислотность согласно ГОСТ 305-82 не должна превышать 5 мг КОН для нейтрализации 100 см³ топлива.

Механические примеси и вода в топливах для автомобильных дизелей по ГОСТ 305-82 недопустимы. При наличии в дизельном топливе механических примесей происходит засорение фильтрующих элементов, ускоренный износ топливоподающей аппаратуры. При понижении температуры из воды, находящейся в топливе, образуются кристаллы льда, которые забивают фильтрующие элементы, что уменьшает подачу топлива в двигатель. Применение дизельного топлива с водой при положительной температуре приводит к разрушению фильтрующих элементов. Однако в связи с «чувствительностью» метода оценки содержания механических примесей (ГОСТ 6370-83) и воды (ГОСТ 2477-65) за отсутствие загрязнений принимаются содержание в топливе механических примесей до 0,005 % и воды до 0,03 % (по массе). Содержание воды в нефтепродуктах до 0,025 % включительно называют «следами».

Содержание в топливе загрязнений, способных закупоривать поры бумажных фильтров и нарушать работу топливной аппаратуры (механических примесей, воды, смол, серы, нафтенатов), регламентируется коэффициентом фильтруемости, значение которого тем выше, чем больше в

топливе примесей. Наиболее опасными считаются механические примеси.

2.6.1.4. Экологические требования к дизельным топливам

Основными показателями качества, ответственными за экологические последствия выбросов отработавших газов дизелей, являются:

- массовая доля серы;
- массовая доля ароматических углеводородов, связанная с цетановым числом дизельного топлива;
- фракционный состав, характеризующий пределы выкипания топлива.

В таблице 2.6 приведены действующие, а также перспективные отечественные и зарубежные требования к дизельным топливам по ряду экологических показателей.

Отечественные дизельные топлива по ГОСТ 305-82 не соответствуют европейским нормам EN 590 по содержанию серы и имеют в среднем несколько меньшее цетановое число.

Содержание серы в дизельном топливе определяет количество выброса, образующегося в отработавших газах диоксида серы. Масса выброса диоксида серы при сжигании 1 т дизельного топлива в зависимости от содержания в нем серы приведена в таблице 2.7.

Таблица 2.6 – Требования к экологическим показателям дизельных топлив

Наименование показателей	Нормы экологических показателей дизельных топлив						
	отечественные				зарубежные		
	действующие		вводимые		действующие нормы	перспективные	
	«Л» по ГОСТ 305 – 82	«З» по ГОСТ 305 – 82	ДЭК – Л	ДЭК – 3		предложенные комиссией ЕС	предложенные ассоциации автомобильных компаний
Цетановое число	45	45	49	45	49 – летнее 45 – зимнее	51	58
Фракционный состав, °С, не выше: конец перегонки 96% перегоняется при температуре	369	340	350	340	370	350	340
Массовая доля серы, % не более	0,2	0,2	0,05	0,05	0,05	0,035	0,003

Плотность при 20 °С, кг/м ³ , не более	860	840	860	860	860	845	870
Объемная доля ароматических углеводородов, %, не более	-	-	-	-	-	-	-
Объемная доля полициклических углеводородов, %, не более	-	-	-	-	-	9	1

Таблица 2.7 – Количество выброса диоксида серы при сжигании 1 т дизельного топлива

Содержание серы в топливе, %	Масса выброса диоксида серы, г/кг топлива
0,2	3,6
0,1	1,8
0,05	0,9

В 1996 г. в Европе было введено ограничение на содержание серы в дизельных топливах до 0,05 %.

Фракционный состав дизельных топлив с улучшенными экологическими свойствами установлен на уровне летнего топлива со следующими показателями: температура выкипания 50 % объема — не выше 280 °С; температура выкипания 96 % объема (конец перегонки) — не выше 360 °С; температура вспышки в закрытом тигле — не ниже 40 °С.

Содержание ароматических углеводородов для большинства товарных дизельных топлив, выпускаемых отечественной промышленностью, составляет 23-28 %. Колебания состава ароматических углеводородов зависят от природы перерабатываемой нефти, их компонентного состава и технологии производства топлив. Для удовлетворения экологических требований массовая доля ароматических углеводородов должна быть не более 10 %.

Европейский стандарт EN 590 (действующий в странах Европейского союза с 1996 г.) предусматривает выпуск дизельных топлив для различных климатических регионов. Для районов с умеренным климатом выпускается 6 марок дизельных топлив (А, В, С, D, Е и F), имеющих предельные температуры фильтруемости соответственно +5, 0, -5, -10, -15 и -20 °С. Для районов с холодным климатом предусмотрен выпуск 5 классов (0, 1, 2, 3 и 4) дизельного топлива с низкотемпературными свойствами (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Характеристика дизельных топлив различных классов для районов с холодным климатом (по Европейскому стандарту EN 590)

Показатели	Класс				
	0	1	2	3	4
Температура помутнения, °С, не выше	-10	-16	-22	-28	-34
Предельная температура фильтруемости, °С, не выше	-20	-26	-32	-38	-44

2.6.1.5. Влияние свойств топлива и присадок на качество работы и долговечность дизеля

Эксплуатационные свойства дизельных топлив в значительной степени определяют качество работы и долговечность дизельных двигателей. Улучшение свойств топлив достигается путем введения в их состав многофункциональных присадок.

Вязкость топлива влияет на процессы распыливания и сгорания топлива, а также на прохождение его через фильтры. Чем меньше вязкость, тем лучше распыливание и сгорание, но тем больше и подтекание топлива через форсунки. При высокой вязкости затрудняется протекание топлива через фильтры, трубопроводы и отверстия форсунок, ухудшаются распыливание, испарение и полнота сгорания и, как следствие, увеличивается удельный расход топлива.

С увеличением вязкости при понижении температуры окружающего воздуха ухудшается подача топлива в двигатель, а при очень низких отрицательных температурах топливо теряет текучесть. При этом из топлива выделяются кристаллы парафина, забивающие фильтры и топливопроводы.

Фракционный состав топлива, характеризуемый преобладанием легких или тяжелых фракций, ухудшает процесс горения. При избытке легких фракций горение сопровождается стуками (жесткая работа дизеля), а при избытке тяжелых — дымлением и загрязнением двигателя. В последнем случае, кроме того, увеличиваются расход топлива и дымность отработавших газов, двигатель пускается с трудом, повышается нагарообразование, закоксовываются форсунки, интенсивнее идет износ деталей.

По количеству серы судят о коррозионной стойкости топлива. При работе дизеля на сернистом топливе образуются прочные трудноудаляемые нагар и лаковые отложения, а при работе двигателя с пониженной температурой охлаждающей жидкости увеличивается износ цилиндров и поршневых колец. Высокая коксуемость топлива также вызывает заклинивание и повышенный износ колец.

Частицы меркаптановой серы при окислении образуют смолы. В сочетании со смолами, образующимися из олефинов, и фактическими смолами, содержащимися в топливе, это приводит к осаждению на запорных

иглах форсунок лаковой пленки, что со временем вызывает зависание игл. Кроме того, из окислов серы образуются сильнодействующие кислоты, вызывающие коррозию деталей. Повышенная кислотность топлива, определяемая содержанием водорастворимых кислот и щелочей, ускоряет износ коренных и шатунных подшипников коленчатого вала, особенно если они выполнены из свинцовистой бронзы.

Наличие в топливе механических примесей приводит не только к засорению фильтров, сопел форсунок, но и к форсированному износу топливной аппаратуры. Вода разрушает фильтры, содействует коррозии, а зимой забивает кристаллами льда фильтры и топливопроводы.

Сокращение времени на пуск и прогрев дизеля с одной стороны и поддержание в эксплуатационных условиях оптимального теплового режима с другой — важные факторы снижения коррозионного износа двигателя.

Для улучшения эксплуатационных свойств дизельных топлив применяют присадки различного назначения: депрессорные, повышающие цетановое число, антиокислительные, моюще-диспергирующие, снижающие дымность отработавших газов и другие.

Применение антидымных присадок МСТ-15, АДП-2056, ЭФАП-6 в концентрации 0,2-0,3 % позволяет снизить дымность отработавших газов на 40-50 %.

Разрушающее действие кислот нейтрализуют добавлением в моторные масла для дизельных двигателей противокоррозионных присадок, из которых наиболее эффективен нафтенат цинка (0,25-0,3 %). Дизельные топлива с содержанием серы более 0,2 % применяют только при условии, что в двигателе используется масло с противокоррозионной присадкой.

Таблица 2.9 – Потребительские свойства присадок и добавок в дизельные топлива

Наименование препарата	Назначение	Страна, фирма производитель
Ice Proot	Улучшает пусковые свойства дизельного топлива при отрицательной температуре	Бельгия, Wynn s
DIESEL SUPER	Обеспечивает эксплуатацию дизельных двигателей при температуре -47°C	США, Hi-qear
Diesel & Fuel Oriti - Get	Добавка к летнему топливу, обеспечивающая его текучесть до температуры -29°C	США, CD - 2
Diesel Conditioner	Удаляет влагу из топлива, облегчает пуск двигателя при низких температурах окружающей среды	Германия, SCT MANNOL
FUEL, treatment & ANTIGEL	Удаляет влагу из топливной системы, облегчает пуск двигателя	США, Hi-Gear
DIESEL ANTIGEL WITH ER	Снижает температуру застывания топлива до -47°C , облегчает пуск дизеля при низких температурах, восстанавливает компрессию	США, Hi-Gear
Diesel Cetane + Plus +	Увеличение цетанового числа любого топлива на 5 единиц, облегчает пуск холодного двигателя и снижает расход топлива	Бельгия, Wynn's

DIESEL TUNE UP & CETANT BOOST	Очистка от нагара, повышение цетанового числа до 6 единиц и улучшение эксплуатационных характеристик дизеля	США, Hi-Gear
Diesel Fuel System Conditioner	Очистка системы питания и снижение температуры загустения масла	США, Energy Release
Clean Burn	Снижает образованию черного дыма и содержание сажи в выхлопных и содержание сажи в выхлопных газах двигателя	Бельгия, Wynn's
3xA Diesel Engines	Очистка системы питания двигателя через 5 тыс. км пробега	Бельгия, Wynn's
Очиститель форсунок Profix	Очистка форсунок двигателя через 3 тыс. км пробега автомобиля	Россия, ЛТ «Лаборатория Триботехники»
DIESEL PLUS WITH ER	Очистка форсунок и системы питания	США, Hi-Gear
Diesel Fuel System Cleaner	Очистка и смазка топливного насоса и форсунок двигателя	Бельгия, Wynn's
Diesel Rower 3	Очистка системы питания двигателя, увеличение мощности и предотвращение черного выхлопа	Бельгия, Wynn's
DIESEL JET CLEAN	Очистка форсунок и системы питания и камеры сгорания дизеля	США, Hi-Gear
DIESEL INJECTOR CLEANER	Очистка форсунок дизельного двигателя	США, Ster Up
DIESEL JET CLEAN	Очистка сильно загрязненных форсунок, которые необходимо менять	США, Hi-Gear
SYNTHETIC DIESEL TUME	Очистка системы питания, восстановление эксплуатационных характеристик и продление срока службы дизеля в 1,5 – 2 раза	США, Hi-Gear
Total Diesel Fuel Maintenance	Улучшает качество топлива, оптимизирует экономичность двигателя	США, CD-2

Многофункциональные присадки для дизельных топлив, состоящие из депрессорного, моющего и противодымного компонентов, не только расширяют низкотемпературные свойства топлив, но и снижают токсичность отработавших газов. Введение присадки АДДП в дизельное топливо в количестве 0,05 – 0,3 % снижает температуру застывания топлива на 20-25 °С. Предельная температура фильтруемости при этом снижается на 10-12 °С, дымность отработавших газов — на 20-55 %, а нагарообразование — на 50-60 %. В таблице 2.9 приведены потребительские свойства некоторых присадок и добавок в дизельные топлива, предназначенные для улучшения их эксплуатационных качеств.

2.6.1.6. Ассортимент дизельных топлив

В зависимости от условий применения по ГОСТ 305-82 производятся дизельные топлива трех марок: Л (летнее), З (зимнее) и А (арктическое). По содержанию серы они делятся на 2 группы: первая – до 0,2 % и вторая – до 0,5 % (для арктического топлива доля серы составляет 0,4 %). Основные показатели дизельных топлив, определяемые стандартными методами, приведены в таблице 2.10.

Таблица 2.10 – Основные показатели качества дизельных топлив, выпускаемых в соответствии с ГОСТ 305-82

Наименование показателя	Л	З	А
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, °С:			
t _{50%} не выше	280	280	255
t _{90%} (конец перегонки), не выше	360	340	330
Кинематическая вязкость при 20 °С, мм ² /с	3,0 – 6,0	1,8 – 5,0	1,5 – 4,0
Температура помутнения, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	–5	–25	–
холодной	–	–35	55
Температура застывания, °С, не выше, для климатической зоны:			
умеренной	–10	–35	–
холодной	–	–45	–55
Массовая доля серы, % не более			
в топливе вида 1	0,2	0,2	0,2
в топливе вида 2	0,5	0,5	0,4
Массовая доля меркаптановой серы, % не более	0,01	0,01	0,01
Температура вспышки (в закрытом тигле), °С, не ниже для дизелей общего назначения	40	35	30
Концентрация фактических смол мг/100 см ³ , не более	40	30	30
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	5	5	5
Зольность, % не более	0,01	0,01	0,01
Коэффициент фильтруемости, не более	3	3	3
Плотность при 20 °С, кг/см ³ , не более	860	840	830

В маркировке дизельных топлив, кроме обозначений «Л», «З» и «А», указывают массовую долю (в процентах) серы и температуру застывания. Например, маркировка «З-0,5 минус 35» означает, что данное топливо – зимнее, с массовой долей серы 0,5 % и температурой застывания –35 °С.

При температуре 0 °С и выше применяют летнее топливо марки «Л», от –20 °С до 0 °С – зимнее («З»), при –50 °С и ниже – арктическое («А»). В северной климатической зоне летом используют зимнее, а зимой – арктическое топливо.

По ТУ 38.101889-81 выпускают зимнее дизельное топливо ДЗп, которое получают путем добавления в летнее дизельное топливо с температурой помутнения –5 °С депрессорной присадки. В результате предельная температура фильтруемости топлива снижается до –15 °С, а температура застывания до –30 °С, что дает возможность использовать это топливо при температурах окружающего воздуха до –15 °С.

Для районов с холодным климатом по ТУ 38.401-58-36-92 выпускаются дизельные топлива двух марок: зимнее ДЗп-15/-25 (базовое топливо с температурой помутнения –15 °С, товарное – с предельной температурой фильтруемости –25 °С) и арктическое ДАп-35/-45 (базовое

топливо с температурой помутнения $-35\text{ }^{\circ}\text{C}$, товарное – с предельной температурой фильтруемости $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$).

По ТУ 38.1011348-90 выпускают экологически чистые дизельные топлива: летние ДЛЭЧ-В и ДЛЭЧ и зимнее ДЗЭЧ с содержанием серы в летних видах до 0,05 %, а в зимнем виде – до 0,1 %. Норма содержания ароматических углеводородов для ДЛЭЧ-В составляет не более 20 %, для ДЗЭЧ – не более 10 %.

Характеристики экологически чистых топлив приведены в таблице 2.11.

По ТУ 38.401-58-170-96 выпускают городские экологически чистые летнее и зимнее дизельные топлива, предназначенные для использования в г. Москве:

- летнее ДЭК-Л, рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;
- зимнее ДЭК-З, рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;
- летнее с присадкой ДЭКП-Л, рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха $-5\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше;
- зимнее ДЭКП-З минус $15\text{ }^{\circ}\text{C}$, рекомендуется для применения при температуре окружающего воздуха $-15\text{ }^{\circ}\text{C}$ и выше.

В летние топлива вводят антидымную присадку (ЭФАП-Б или Лубризол-8288), в зимние — антидымную и депрессорную (сополимеры этилена с винилацетатом). Это снижает показатели дымности и токсичности отработавших газов на 30 – 35 %.

В зависимости от массовой доли серы эти дизельные топлива делятся на два вида: в первом массовая доля серы составляет не более 0,05 %, во втором – не более 0,1 %.

Таблица 2.11 – Характеристика экологически чистых дизельных топлив, выпускаемых в соответствии с ТУ 38.1011348-90

Наименование показателя	ДЛЭЧ – 8	ДЛЭЧ	ДЗЭЧ
Цетановое число, не менее	45	45	45
Фракционный состав, $^{\circ}\text{C}$:			
$t_{50\%}$ не выше	280	280	28340
$t_{90\%}$ (конец перегонки), не выше	360	360	
Кинематическая вязкость при 20°C , $\text{мм}^2/\text{с}$	3,0 – 6,0	3,0 – 6,0	1,8 – 5,0
Температура, $^{\circ}\text{C}$, не выше:			
застывания	-10	-10	-35
предельной фильтрации	-5	-9	-25
Температура вспышки (в закрытом тигле), $^{\circ}\text{C}$, не ниже для дизелей общего назначения	62	62	40
Массовая доля серы, % не более в топливе вида 1	0,05	0,05	0,05

в топливе вида 2	0,1	0,01	0,01
Испытания на медной пластинке	выдерживает		
Кислотность, мг КОН/100 см ³ , не более	5,0	5,0	5,0
Зольность, %, не более	0,01	0,01	0,01
Коксуемость 10% остатка, не более	0,2	0,2	0,2
Цвет ед. ЦНТ, не более	2	2	2
Содержание механических примесей и воды	отсутствуют		
Содержание ароматических углеводородов, %, не более	20	–	20
Плотность при 20 °С, кг/м ² , не более	860	860	840

2.6.2. Система подачи топлива

Современные системы питания довольно сложны и удобнее систему питания делить на две подсистемы: **систему подачи топлива** и **систему подачи воздуха и выпуска отработавших газов**.

Система подачи топлива обеспечивает особо тщательную очистку и подачу его в точно определенные моменты одинаковыми, строго дозированными порциями. Смешивание топлива воздухом происходит внутри цилиндра (внутреннее смесеобразование).

Находящиеся на сегодняшний день в эксплуатации системы подачи топлива в первую очередь можно разделить на:

1. Системы **непосредственного действия**, в которых высокое давление во всей системе создается непосредственно на время впрыскивания. Системы непосредственного действия в свою очередь по конструктивному признаку можно разделить на:

- **раздельного типа**, когда элемент создающий давление (насос) и элементы осуществляющие впрыск топлива в цилиндры (форсунки) представляют собой отдельные узлы (разделены);

- **системы с насос-форсунками**, в которых насос высокого давления и форсунка объединены в один агрегат - **насос-форсунку**.

2. **Аккумуляторные**, в которых между насосом и форсункой вводится специальная емкость — **аккумулятор давления**, предназначенный для поддержания постоянного не зависящего от скоростного режима давления на входе в форсунку, управляемую в этом случае отдельным механизмом.

Системы с насос-форсунками благодаря большей жесткости конструкции потенциально обещают достижение больших давлений впрыска.

В старых конструкциях применялись так называемые **компрессорные** системы питания дизелей, в которых топливо распыливалось сжатым воздухом.

На рисунке 2.7 приведена более полная классификация систем подачи топлива дизелей.

В современных системах питания (как дизелей, так и бензиновых)

отдают предпочтение так называемым проточным системам топливоподачи. В этом случае к ТНВД или карбюратору подводят в полтора-два раза больше топлива, чем потребляет двигатель при больших расходах, а излишки вновь возвращают в бак или в какую-либо другую приемлемую для этого зону системы топливоподачи.

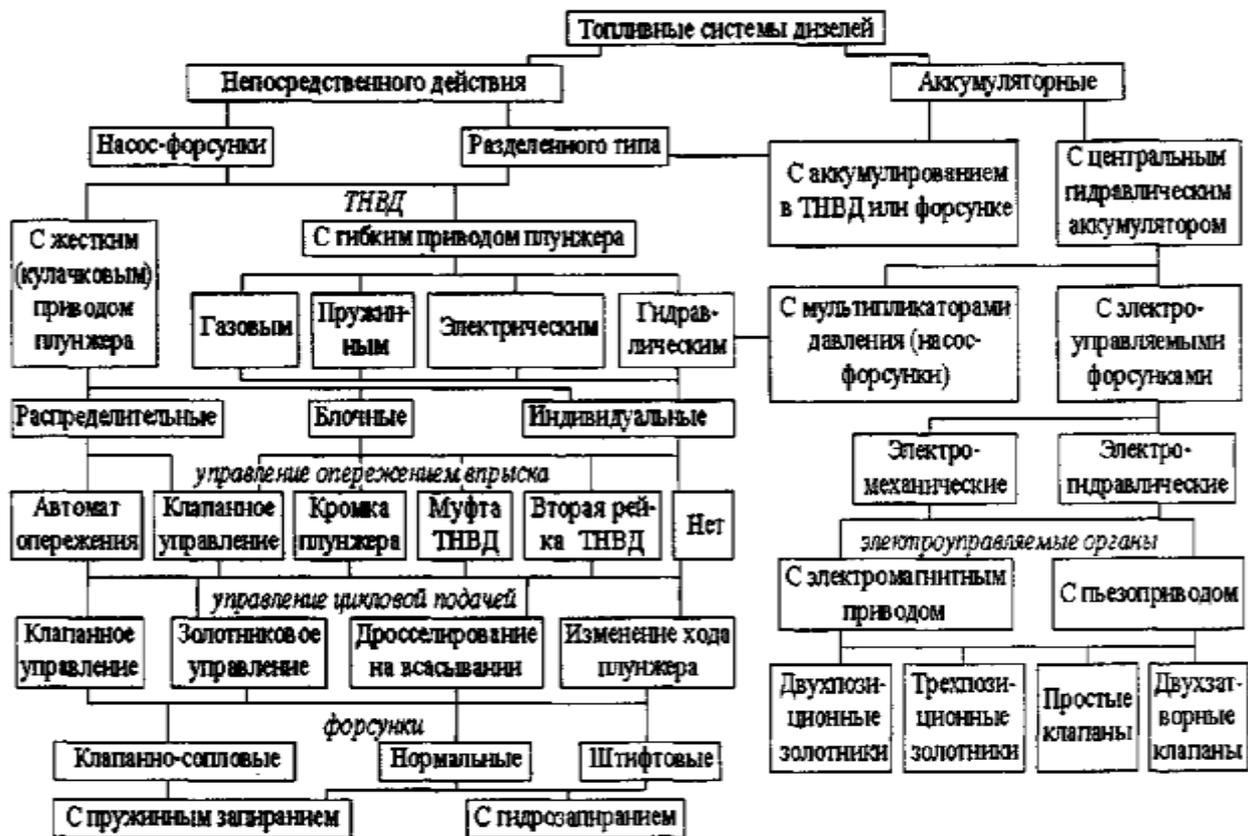


Рисунок 2.7 – Схема топливных систем дизелей

Следовательно, в трубопроводах проточной системы непрерывно циркулирует топливо, что позволяет удалять из системы пузырьки пара и воздуха, выделяющегося, например, из топлива в ТНВД при отсечке (окончании) подачи.

Как уже говорилось выше, в зависимости от особенностей процесса сгорания топлива распылитель форсунки входит либо в предкамеру (вихревую камеру), либо в основную камеру сгорания.

Двигатели, выполненные по первому варианту, называются дизелями с разделенной камерой сгорания и обозначаются IDI (In Direct Injection), а выполненные по второму варианту — дизелями с непосредственным впрыском — DI (Direct Injection). Дизели с разделенной камерой сгорания мягче работают и меньше шумят. Однако разделение камеры сгорания приводит к увеличению площади поверхности, через которую происходят тепловые потери. В современных конструкциях отдают предпочтение непосредственному впрыску, потому что при этом топливная экономичность примерно на 20 % выше (рисунок 2.8).

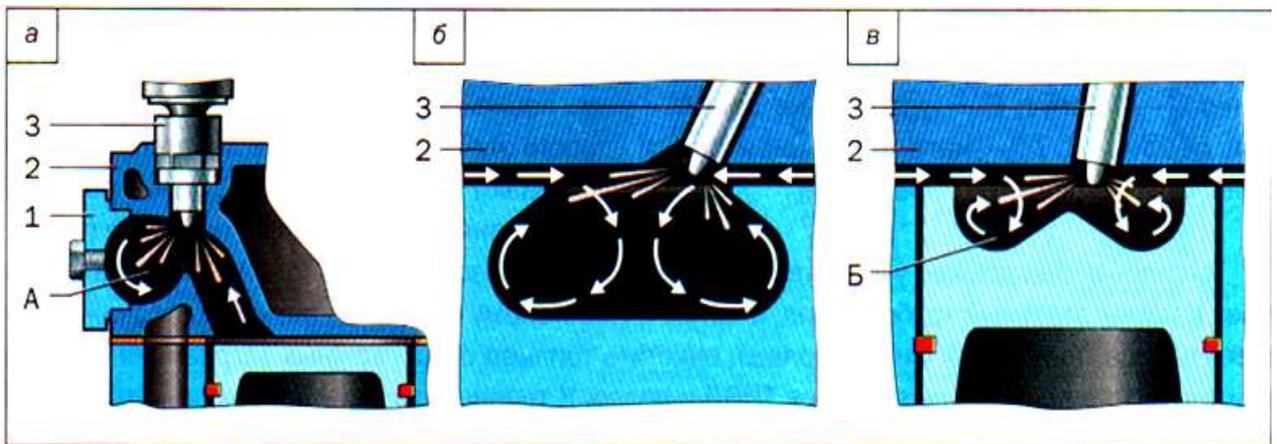


Рисунок 2.8 – Варианты впрыска топлива в камеру сгорания дизеля.
Разделенная (а) и неразделенные (б) камеры сгорания:

- a* – вихревая (фирма «Перкинс»); *б* – дельтавидная (двигатель Д – 245);
в – тороидальная (двигатель КамАЗ);
1 – вставка вихревой камеры; 2 – головка цилиндров; 3 – форсунка;
А – полость вихревой камеры; Б – полость в поршне

Форсунка открывается при давлении топлива, соответствующем конкретной топливной системе, и закрывается, как только давление начинает падать. Главное отличие между различными топливными системами следует искать в процессе создания высокого давления.

2.6.3 Системы питания с блочными (рядными) многоплунжерными ТНВД

Схема системы питания тракторного дизеля показана на рисунке 2.9.

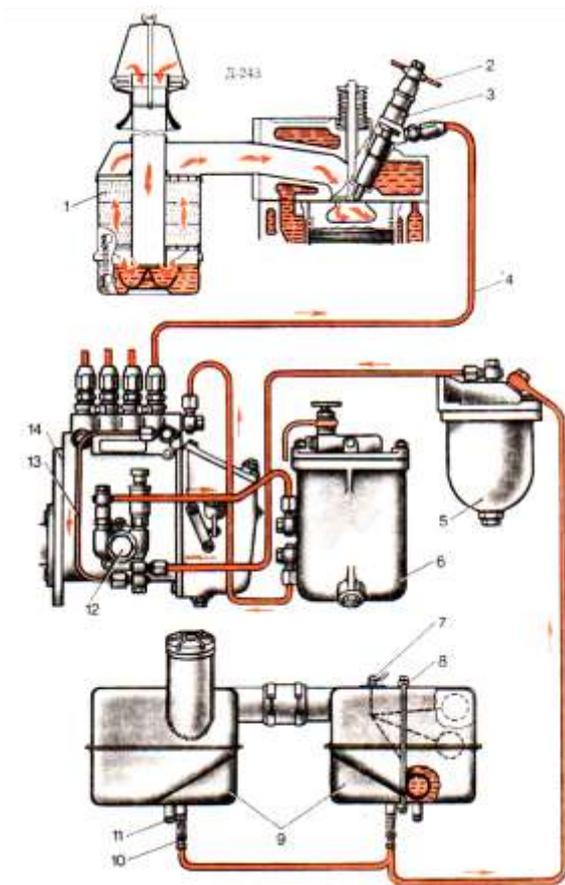


Рисунок 2.9 – Схема системы питания дизеля:

1 – воздухоочиститель; 2 – сливная трубка; 3 – форсунка; 4 – топливопровод высокого давления; 5, 6 – фильтры грубой и тонкой очистки топлива; 7 – датчик указателя уровня топлива; 8 – топливомерная трубка; 9 – топливные баки: основной и дополнительный; 10, 11 – расходный и сливной краны; 12 – топливоподкачивающий насос; 13 – трубка перепуска питания; 14 – топливный насос высокого давления

Во время работы двигателя топливо из бака 9 самотеком поступает по топливопроводу в фильтр 5 грубой очистки, где отделяются крупные механические примеси. Далее топливо засасывается подкачивающей помпой и нагнетается через фильтр 6 тонкой очистки в топливный насос 14. Последний подает через топливопровод 4 высокого давления топливо под большим давлением к форсункам 3, которые впрыскивают его в распыленном состоянии в камеру сгорания. В топливный насос топливо с избытком подается подкачивающей помпой. Излишки топлива отводятся из насоса по перепускной трубке 13 во впускную часть подкачивающей помпы через перепускной клапан, находящийся в штуцере топливопровода.

Просочившееся через зазоры между деталями форсунок топливо (до 0,02% расходуемого) отводится по сливной трубке 2 в фильтр тонкой очистки или в бак.

2.6.4. Электронное управление дизельными двигателями

Требования снижения расхода топлива и эмиссии вредных веществ с ОГ вместе с повышением мощности и крутящего момента являются решающими факторами, стоящими за современным развитием топливных систем дизелей. В последние годы это привело к увеличению использования дизелей с непосредственным впрыском топлива (DI - direct-injection), поскольку по сравнению с предкамерными дизелями и дизелями с вихревыми камерами сгорания, то есть двигателями с разделенными камерами (IDI - indirect-injection), дизели с непосредственным впрыском топлива работают при значительно более высоком давлении впрыска. Высокое давление впрыска улучшает процесс образования топливовоздушной смеси и обеспечивает более полное сгорание топлива. Это обстоятельство, а также отсутствие гидравлических потерь, которое имеет место при перетекании потока между предкамерой/вихревой камерой и основной камерой сгорания в дизелях с разделенными камерами приводит к снижению расхода топлива в дизелях с непосредственным впрыском на 10-15%, по сравнению с первыми.

Кроме того, к современным двигателям предъявляют жесткие требования по эмиссии вредных веществ с ОГ и шумности.

Все это привело к высоким требованиям, предъявляемым к дизельным топливным системам и к их управлению, относящимся к следующим факторам:

- ▶ высокое давление впрыска;
- ▶ формирование требуемой характеристики впрыска;
- ▶ регулирование угла опережения впрыска,
- ▶ предварительный впрыск топлива (двухфазный впрыск);
- ▶ адаптация количества впрыскиваемого топлива (цикловой подачи), давления наддува и угла опережения впрыска к данному рабочему режиму;
- ▶ величина пусковой подачи в зависимости от температуры охлаждающей жидкости двигателя и окружающей среды;
- ▶ регулирование минимальной частоты вращения холостого хода;
- ▶ круиз-контроль;
- ▶ управление с обратной связью рециркуляции ОГ;
- ▶ жесткие допуски для цикловой подачи и угла опережения впрыска вместе с высокой точностью, которая должна поддерживаться в течение всего срока службы автомобиля.

Обычные механические регуляторы частоты вращения (с центробежными грузами) имеют множество дополнительных устройств для оценки различных эксплуатационных условий и обеспечения высоких стандартов формирования топливовоздушной смеси. Работа таких регуляторов без обратной связи имеет ограничение в выполнении даже простых операций регулирования двигателя, а кроме того, имеется много важных рабочих параметров, которыми они не могут управлять или управляют недостаточно быстро.

2.6.5. Обзор систем электронного управления

В последние годы значительное увеличение вычислительных возможностей микропроцессоров, представленных на компьютерном рынке, сделало возможным осуществить электронное управление дизелями согласно перечисленным выше требованиям.

В отличие от управления автомобилем с дизелями, имеющими обычные рядные или ТНВД распределительного типа, водитель автомобиля с электронным управлением дизеля не может оказывать прямого влияния, например, через педаль акселератора с механическим приводом (трос Боудена), на величину подачи топлива. Напротив, количество впрыскиваемого топлива определяется множеством рабочих параметров, как, например: входной сигнал от водителя (положение педали акселератора), рабочий режим двигателя, эмиссия токсичных компонентов и др.

Это означает, что может быть применен всесторонний защитный метод, при котором определяются отклонения параметров и, в зависимости от их серьезности, инициируются соответствующие контрмеры, например, ограничение крутящего момента, или в случае неисправности (аварийный режим работы) движение на режиме холостого хода.

Система электронного управления, следовательно, включает в себя определенное число контуров управления с обратной связью.

Система электронного управления дизелей позволяет также обмен данными с другими электронными системами автомобиля, как, например, с противобуксовочной системой (TCS), электронной системой управления трансмиссией и с электронной системой управления трансмиссией. Это означает, что управление двигателем может быть интегрировано в общую систему управления автомобилем.

2.6.6. Снижение вредных выбросов дизелей

Выбросы отработавших газов дизельных двигателей не могут контролироваться таким же образом, как и в большинстве бензиновых двигателей. Как уже объяснялось, выбросы бензиновых двигателей могут быть снижены до очень низкого уровня пропуская отработавших газов через трехкомпонентный нейтрализатор, поскольку состав топливно-воздушной смеси поддерживается постоянным при $\lambda=1$. Но дизельный двигатель большую часть времени работает на бедной смеси, за исключением полных нагрузок, и поэтому трехкомпонентный нейтрализатор будет иметь маленький эффект. В действительности дизели похожи на бензиновые двигатели, работающие на бедных смесях, и разделяют их проблемы, заключающиеся в том, что выбросы СН и СО очень низкие, а выбросы NO_x — высокие.

Дизели страдают собственной проблемой, которая объясняется другим топливом и очень высокой степенью сжатия, приводящей к образованию очень маленьких твердых частиц, которые являются побочным продуктом сгорания. Много сомнений и аргументов остается вокруг реальной важности влияния таких частиц на здоровье населения. Тем не менее серьезные

ограничения на присутствие таких частиц в отработавших газах включены в требования по составу выбросов.

Сейчас многие легковые дизельные автомобили оборудуются простым окисляющим нейтрализатором, который гарантирует полное окисление выбросов до водяного пара и CO_2 , несмотря на то, что выбросы CH и CO и так невелики и надо позаботиться о других оставшихся вредных веществах. Более важна проблема выбросов NO_x , хотя их уровень уже уменьшен насколько возможно системой рециркуляции выхлопных газов (EGR), которая устанавливается на большинство современных дизелей.

2.6.7. Рециркуляция отработавших газов (EGR)

Для снижения выбросов NO_x часть ОГ направляется обратно во впускной тракт двигателя через канал, поперечное сечение которого может изменяться посредством клапана системы рециркуляции ОГ. Управление клапаном рециркуляции ОГ осуществляется электропневматическим преобразователем или электрическим приводом.

Из-за высокой температуры ОГ и большого загрязнения очень трудно точно измерить их количество, направляемое обратно в двигатель. Следовательно, здесь имеет место косвенная оценка массовым расходомером воздуха, расположенным в потоке свежего воздуха. Выходной сигнал расходомера сравнивается затем в ЭБУ с теоретически необходимым количеством воздуха, которое рассчитывается по различным данным (в том числе по частоте вращения коленчатого вала двигателя).

Чем меньше измеренная масса входящего свежего воздуха по сравнению с теоретически необходимой, тем больше количественное соотношение рециркулирующих ОГ (рисунок 2.10).

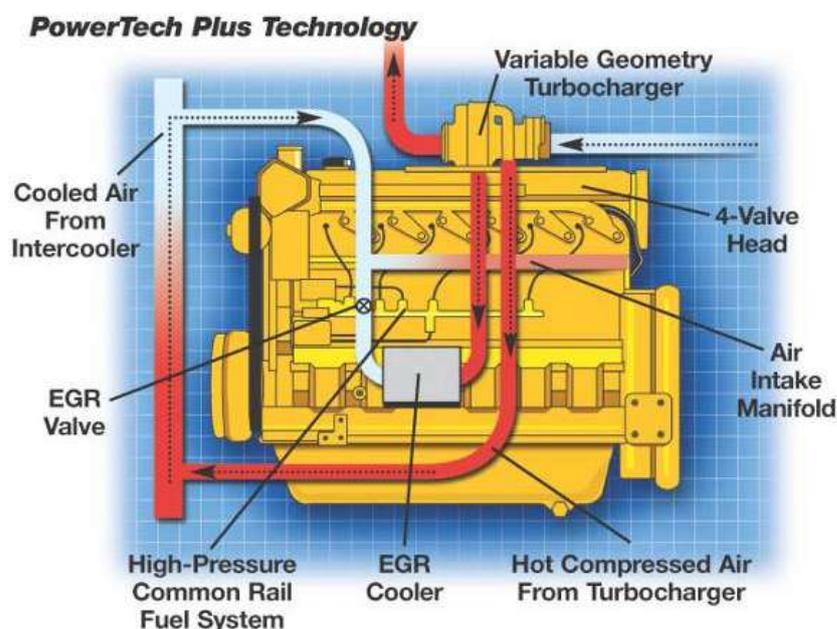


Рисунок 2.10 –Дизельный двигатель Power Tech Plus Technology

Поток рециркулирующих газов иногда пропускается через собственный интеркулер (отдавая тепло в систему охлаждения двигателя), таким образом, они не влияют на выходную мощность уменьшением коэффициента наполнения камеры сгорания.

Более комплексным ответом может быть уменьшение NO_x за счет применения каталитического принципа, который уже рассматривался при изучении выбросов бензиновых двигателей, работающих на бедных смесях (рисунок 2.11).

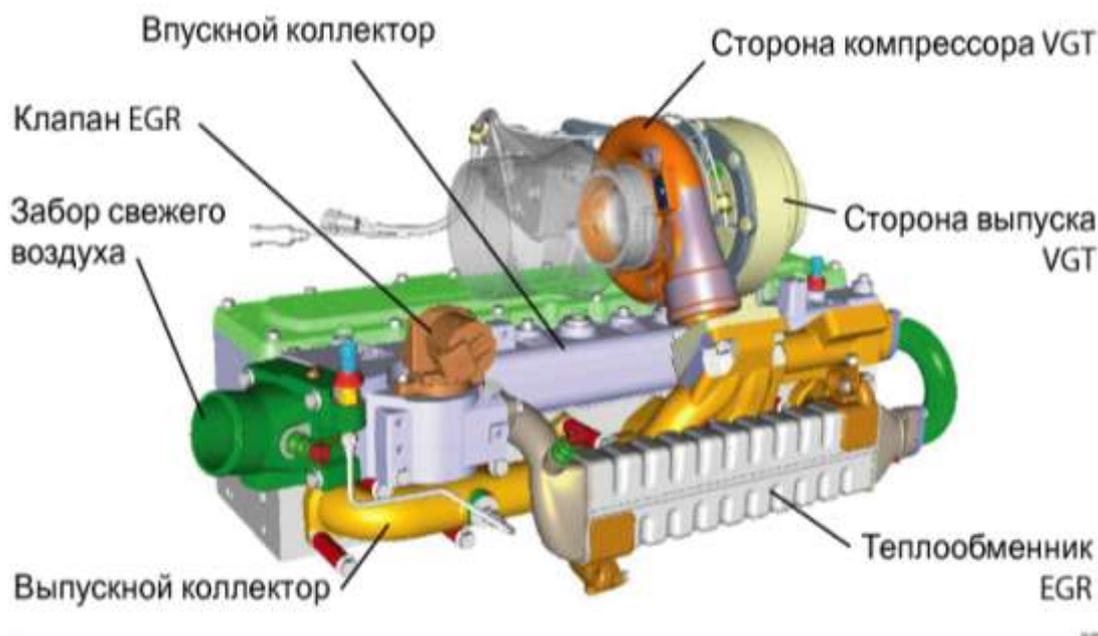


Рисунок 2.11 – Элементы систем воздухозаборника – выпуска отработавших газов двигателей серии Power Tech Plus 6090

Одним из возможных ответов может быть использование системы, впрыскивающей, когда это необходимо, небольшие порции топлива в нейтрализатор. Другим решением может быть плазменное поле, упоминавшееся ранее. Исследовательские группы также работают над системой, использующей принцип Siemens SiNO_x , заключающейся во впрыскивании специальных добавок в отработавший газ, которые реагируют с NO_x в специальном узле выпускной системы.

Наиболее очевидным ответом на проблему выброса частиц является задержка их в выпускной системе. Теоретически необходимость замены фильтра через регулярные интервалы можно избежать, сделав фильтр достаточно горячим, чтобы частицы, которые в основном состоят из углерода, спокойно сгорели до образования CO_2 . Такие уловители называются «регенерируемые», потому что они сами себя очищают и требуют внимания очень редко. Регенерируемые уловители очень хорошо работают в грузовых автомобилях, двигатели которых большую часть времени подвергаются большим нагрузкам, и поэтому температура выхлопных газов достаточно высока, чтобы имела место регенерация.

Но дизельные легковые автомобили много времени затрачивают на

движение в городских транспортных потоках, двигаясь с маленькими скоростями и нагрузкой (в самом деле, существуют условия, при которых преимущества дизельных перед бензиновыми двигателями наибольшие). Для регенерации необходима температура около 500 °С, а школьные и развозные дизельные автомобили проезжают сотни миль при температуре выхлопных газов не достигающей даже 300 °С.

Для решения этой проблемы PSA (Peugeot-Citroen) разработала улавливающую систему, в которой добавки в топливо уменьшают температуру, необходимую для регенерации, кроме того, впрыскивание дополнительного топлива, когда улавливатель подает сигнал, что он забит, повышает температуру и дает возможность осуществить контролируемое «дожигание». Эта система уже установлена в дизельной версии, выпущенного недавно Peugeot 607, и планируется расширить ее применение на весь ряд выпускаемых дизелей Peugeot-Citroen. Заявлено, что содержание частиц в выхлопе сведено до нуля, но устройство не производит эффекта на NO_x, и для снижения их уровня требуются дополнительные меры.

Renault предложил комплексную систему снижения выбросов дизелей, которая использует чрезвычайно высокую степень рециркуляции (рисунок 2.12).

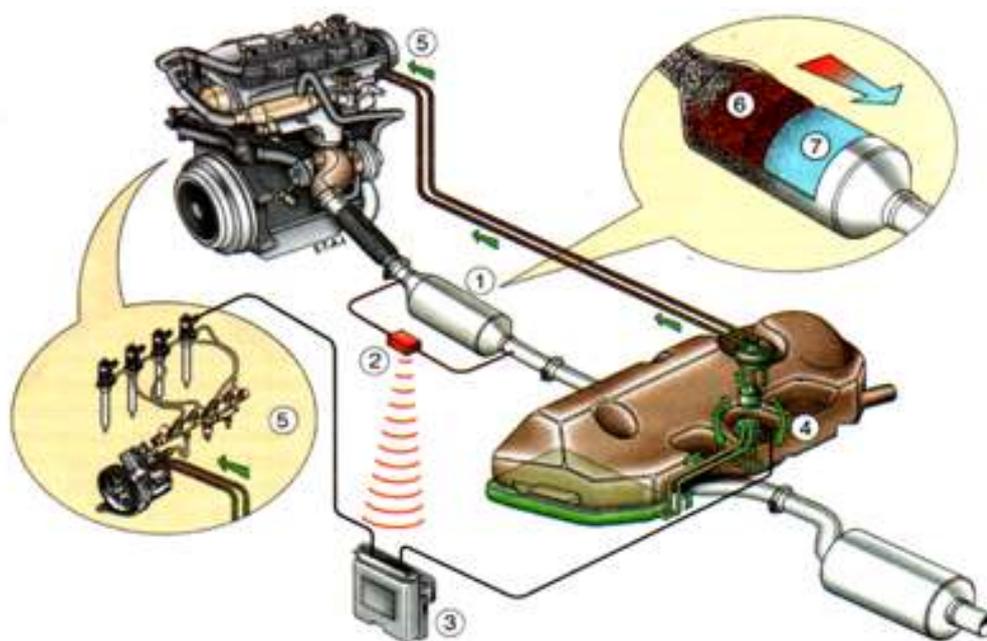


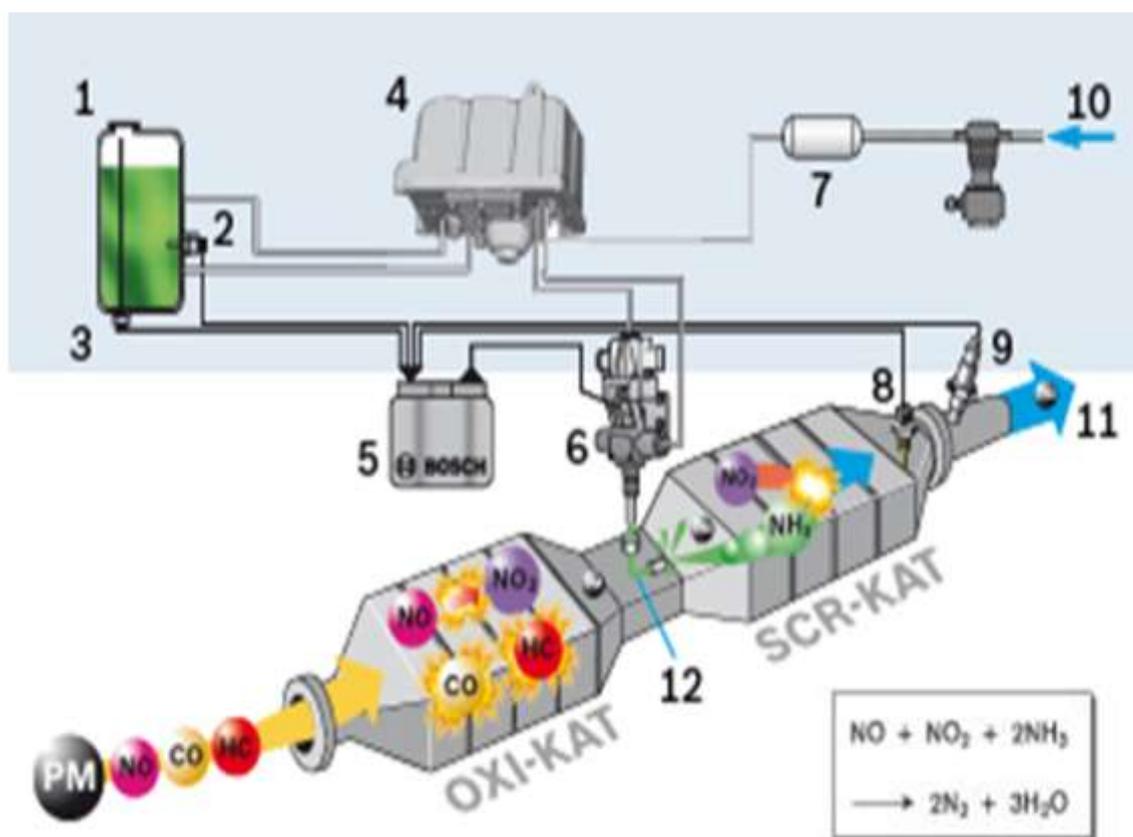
Рисунок 2.12 – Система очистки отработавших газов дизеля:

1 – узел – предварительного катализатора и фильтра частиц; 2 – датчик температуры и давления; 3 – ЭКМ двигателя; 4 – Впрыскивание добавок к топливу в основной бак, при необходимости; 5 – специальная информация передается форсунке, если требуется дожигание; 6 – предварительный катализатор; 7 – фильтр частиц.

Это устройство уменьшает уровень NO_x до очень маленьких значений, но способствует образованию твердых частиц. Другими словами, Renault

удалось насколько возможно снизить выбросы NO_x и по лучить высокий уровень частиц, которые могут быть задержаны в уловителе. По сравнению с системой улавливания частиц PSA, улавливателю Renault приходится иметь дело с большим объемом частиц и срабатывать в отдельных случаях более часто, каждые 400 км. Для улучшения процесса в переднюю часть корпуса улавливателя установлены четыре дизельных свечи накаливания мощностью 1,2 кВт для подогрева устройства и немедленной его очистки. Использование этой стратегии, наряду с применением системы common-rail второго поколения, дало возможность Renault заявить, что эта разработка дает возможность выполнить требования Евро 2005 для дизельных двигателей с большим запасом.

Группа компаний Peugeot Citroen, была первой кто разработал регенерируемый фильтр для очистки от частиц сажи и запустил его в производство (рисунок 2.13). Эффективная работа системы с надежным дожигателем задержанных частиц частично зависит от впрыскиваемых топливных добавок и частично – от дополнительного количества топлива, необходимого для повышения температуры задерживающего фильтра, если появится сигнал с его загрязнением.



2.13 – Система очистки ОГ дизелей «DENOXTRONIC»:

1 – бак с аммиаком; 2 – датчик температуры; 3 – датчик уровня; модуль подачи воздуха; 5 – ЭБУ; 6 – модуль дозирования; 7 – воздушный ресивер; 8

– датчик температуры ГО; 9 – датчик состава ОГ; 10 – воздушная магистраль;
11 – очищенные ОГ; 12 - форсунка

2.7. Роторно-поршневые ДВС

В качестве возможной замены поршневого ДВС было сконструировано и предложено большое количество роторно – поршневых ДВС (РПД). РПД фактически опередил изобретение поршневого ДВС, к 1910 году перечень РПД насчитывал более 2000 моделей. Наиболее удачной конструкцией является в настоящее время двигатель, разработанный Ф. Ванкелем в 1954 г., поэтому очень часто РПД называют двигателем Ванкеля. В середине 60-х годов несколько фирм освоили серийное производство автомобилей с РПД. В нашей стране была выпущена опытная партия автомобилей ВАЗ 21018 с РПД мощностью 48 кВт (70 л. е.).

Рабочий цикл РПД имеет ту же последовательность процессов, что и поршневой четырехтактный ДВС с искровым зажиганием. В корпусе специальной формы вращается ротор, который совершает планетарное движение относительно эксцентрикового вала, постоянно касаясь поверхности корпуса. При этом образуются три отдельные перемещающиеся камеры. Смесеобразование происходит в карбюраторе обычного типа, воспламеняется смесь от свечи зажигания.

РПД имеет ряд несомненных преимуществ по сравнению с поршневым ДВС: меньший вес и размеры; компактность, что особенно важно при создании малолитражных автомобилей с передними ведущими колесами; способность работы на бензине с низким октановым числом. Его конструкция относительно проста: в РПД всего две вращающиеся детали - ротор и вал; практически отсутствуют вибрации при работе. РПД высокооборотен и обладает большой удельной мощностью.

Однако, РПД уступает поршневому ДВС с искровым зажиганием по токсичности ОГ, особенно по содержанию СnНm . Это объясняется следующими причинами. Во-первых, зона гашения пламени у РПД больше, чем у поршневого ДВС с такой же степенью сжатия. Во-вторых, основным источником повышенного содержания СnНm в ОГ РПД являются утечки СnНm через уплотнения в выхлопную камеру. На малых оборотах масса несгоревшей смеси, просачивающейся в выхлопную камеру, может достигать 9% от общей массы рабочей смеси на впуске. С ростом числа оборотов масса просачивающейся смеси уменьшается. Помимо более высокого содержания СnНm в ОГ, к недостаткам РПД можно отнести худшую топливную экономичность, меньший срок службы и необходимость применения ряда сложных уплотнений.

В то же время конструктивные особенности РПД позволяют более эффективно применять устройства для уменьшения выделения СnНm с ОГ. Высокая температура ОГ и небольшие размеры двигателя дают возможность использовать термический и окислительный каталитический

нейтрализаторы, эффект от которых в данном случае выше, чем у поршневого две.

РПД остается наиболее перспективным в качестве силовой установки для легкового автомобиля.

2.8. ДВС с послойным смесеобразованием

Анализ влияния состава смеси на токсичность ОГ показывает, что уменьшение содержания токсичных компонентов в ОГ возможно либо при обогащении смеси до $\alpha > 0,8$, либо при обеднении до $\alpha = 1,15$. Но работа двигателя на обогащенной смеси приводит к большой концентрации в ОГ продуктов неполного сгорания, а при сильно обедненной смеси резко ухудшается работа ДВС.

В результате многолетних исследовательских и опытно-конструкторских работ появился ряд схем поршневых ДВС с послойным смесеобразованием. При послойном смесеобразовании обогащенная смесь находится только в зоне свечи зажигания, а остальная часть камеры сгорания заполнена обедненной смесью. Это создает благоприятные условия для начального воспламенения и обеспечивает работу на бедных смесях. Первоначально такие ДВС разрабатывались для улучшения экономичности и возможности работы на разных сортах топлива, но работа ДВС на бедных смесях позволила значительно понизить токсичность ОГ по сравнению с обычным двигателем.

Все схемы ДВС с послойным смесеобразованием можно разделить на двигатели с открытой камерой сгорания и с разделенной камерой. Подробно рассмотрим только одну из разновидностей ДВС с разделенной камерой – ДВС с форкамерно – факельным зажиганием.

Отдельный карбюратор через впускной коллектор и отдельный впускной клапан подают обогащенную смесь в форкамеру, в которой установлена свеча зажигания. В форкамере смесь воспламеняется. Этим создаются благоприятные условия для воспламенения бедной смеси в основной камере сгорания от факела сгорающей богатой смеси. Обедненная смесь подается к основному впускному клапану от отдельного карбюратора через свой впускной коллектор.

Конструктивно ДВС с форкамерно-факельным зажиганием несколько сложнее, чем обычный ДВС, но токсичность его ОГ значительно ниже (например, выделение СО уменьшается в 2...2,5 раза). Уменьшается также на 8... 10% расход топлива.

Разработан четырехцилиндровый ДВС с форкамерно-факельным зажиганием, устанавливаемый на автомобиль «Волга» ГАЗ-3102, а также ДВС с форкамерно-факельным зажиганием для автомобиля ЗИЛ – 130. Однако, перспективы применения этих ДВС скорее связаны с легковыми автомобилями и грузовыми малой грузоподъемности. На всех автомобилях средней грузоподъемности целесообразнее применять дизельный ДВС

2.9. Двигатели с внешним подводом теплоты

В последние годы все чаще стали возвращаться к использованию на автомобиле в качестве энергетической установки двигателя с внешним подводом теплоты.

Большие надежды связаны с одним из видов таких двигателей - двигателем Стирлинга, названного по имени его создателя Р. Стирлинга. Первый образец этого двигателя был построен в 1816 г. К 1890 году в США работало около 6 тысяч таких двигателей, преимущественно в типографиях, доках и на мелких судах. Появление работоспособного ДВС очень быстро вытеснило двигатели Стирлинга, и к 1914 г. они практически не применялись. Все возрастающие требования к чистоте атмосферного воздуха и топливной экономичности заставили вспомнить о двигателях Стирлинга ряд зарубежных фирм: «Филипс», «Дженерал Моторс», «Форд», «Вольво» и другие.

Принцип работы этого двигателя, так же как и у ДВС, основан на сжатии рабочего тела при низкой температуре и расширении при высокой (рисунок 2.14).

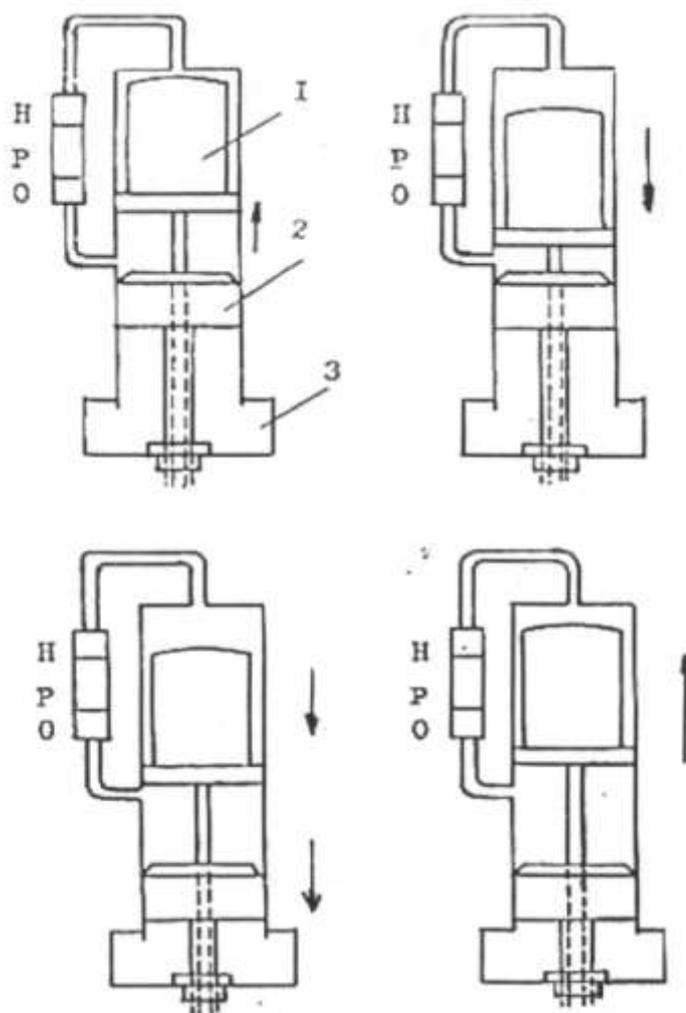


Рисунок 2.14 – Схема работы двигателя Стирлинга:
1 – поршень – вытеснитель; 2 – рабочий поршень; 3 – буферная полость

Разность работ (полученной в процессе расширения и затраченной в процессе сжатия) дает работу цикла. В двигателе Стирлинга холодное рабочее тело сжимается рабочим поршнем. Поршень – вытеснитель остается неподвижным. Затем поршень – вытеснитель начинает двигаться, переталкивая рабочее тело через нагреватель (Н) в горячую полость над поршнем – вытеснителем. Рабочий поршень пока неподвижен. При расширении рабочего тела оба поршня движутся вниз. Затем вытеснительный поршень возвращается в исходное положение, перемещая рабочее тело через охладитель (О) в холодную полость над рабочим поршнем, и цикл повторяется. Для уменьшения потерь теплоты между нагревателем и охладителем установлен регенератор (Р), в котором накапливается теплота при охлаждении рабочего тела и возвращается при его нагревании.

В качестве рабочего тела первоначально использовался воздух, но воздух не отвечает ряду требований, предъявляемых к рабочему телу двигателя Стирлинга (теплоемкость, плотность, вязкость), поэтому в современных конструкциях используется либо водород, либо гелий. Теплота к рабочему телу подводится извне.

В камеру сгорания при постоянном давлении подается топливо, которое сжигается в присутствии кислорода воздуха. При запуске двигателя топливо воспламеняется от запального устройства, и дальнейшее горение обеспечивается за счет высокой температуры в камере сгорания. Нагрузка двигателя Стирлинга обычно регулируется изменением температуры и давления рабочего тела.

Особенности рабочего процесса двигателя Стирлинга обусловили сложность его конструкции и системы регулирования и, как следствие этого, его значительную стоимость. Для работы с высоким КПД необходимо прежде всего обеспечить качественное уплотнение его рабочей части, давление в которой достигает 10,0...25,0 МПа, а рабочим телом является газ, имеющий малую плотность. Значительные трудности связаны с изготовлением приводного механизма поршней. Для изготовления ряда двигателей, особенно контактирующих с рабочим телом, нужно применять дорогостоящие материалы.

Габаритные размеры и масса двигателя Стирлинга значительно выше, чем у ДВС. На автомобиле использование этого двигателя затрудняется также необходимостью применения радиатора увеличенных размеров, так как с ОГ отводится только 9% подведенной теплоты.

В то же время двигатель Стирлинга обладает рядом преимуществ по сравнению с ДВС. В первую очередь, это высокий КПД, который в реальных конструкциях достигает 40...41%, а, следовательно, высокая экономичность работы.

Использование внешнего подвода теплоты позволяет применять различные виды топлива без существенного изменения конструкции двигателя. Известен двигатель Стирлинга, построенный фирмой «Филипс»,

который мог работать на спирте, бензине, керосине, дизельном топливе, мазуте, сырой нефти, оливковом и подсолнечном маслах и на некоторых горючих газах. Работает двигатель очень плавно, без вибраций, а уровень его шума сравним с уровнем шума электродвигателя. Токсичность ОГ двигателя Стирлинга значительно ниже токсичности ОГ ДВС. ОГ этого двигателя практически не содержат продуктов неполного сгорания (СО, СnНm, сажа и т.д.) и не имеют неприятного запаха. Это объясняется хорошим качеством смесеобразования, которое можно обеспечить при стационарном процессе сгорания. Основным токсичным компонентом ОГ двигателя Стирлинга можно считать NO_x , довольно высокая концентрация которых объясняется высокой температурой в камере сгорания. Применение двигателей Стирлинга реально на грузовых автомобилях большой грузоподъемности и автобусах большой пассажироместимости. Паровые и газотурбинные двигатели тоже относятся к двигателям с внешним подводом теплоты, но использование их на автомобиле в качестве энергетической установки пока не представляется возможным в силу ряда сложностей, возникающих в процессе эксплуатации.

К двигателям внешнего сгорания относится и так называемый тепловоздушный двигатель, идея которого была предложена в 1816 году Р. Стирлингом. Рабочим телом в нем служит находящийся под давлением гелий или водород, попеременно охлаждаемый и нагреваемый. Такой двигатель в принципе прост, расходует топлива меньше, чем поршневые ДВС, не выделяет при работе газов, содержащих вредные вещества, и имеет высокий КПД = 0,38 (рисунок 2.15.).

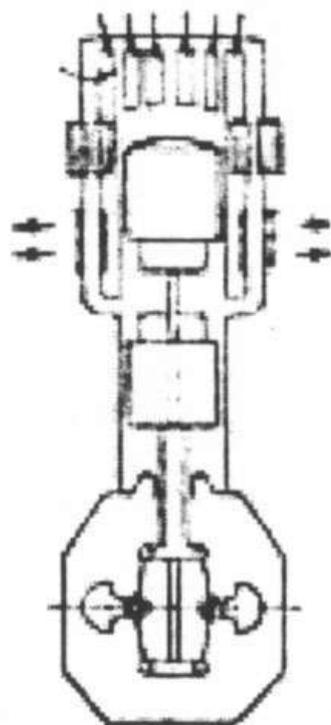


Рисунок 2.15 – Тепловоздушный двигатель Р. Стирлинга

Два поршня (верхний – вытеснительный, нижний – рабочий) соединены с кривошипным механизмом концентричными штоками. Находящийся в полостях под и над вытеснительным поршнем газ, попеременно нагреваясь в головке цилиндра от горелки, проходит через теплообменник и охладитель и обратно. Циклическое изменение его температуры сопровождается изменением объема и соответствующим ему перемещением поршней.

Но внедрению двигателя Стирлинга в массовое производство препятствуют серьезные трудности. По сравнению с поршневыми ДВС он очень громоздок и тяжел, медленно набирает обороты. Кроме того, в нем технически сложно обеспечить уплотнение рабочих полостей.

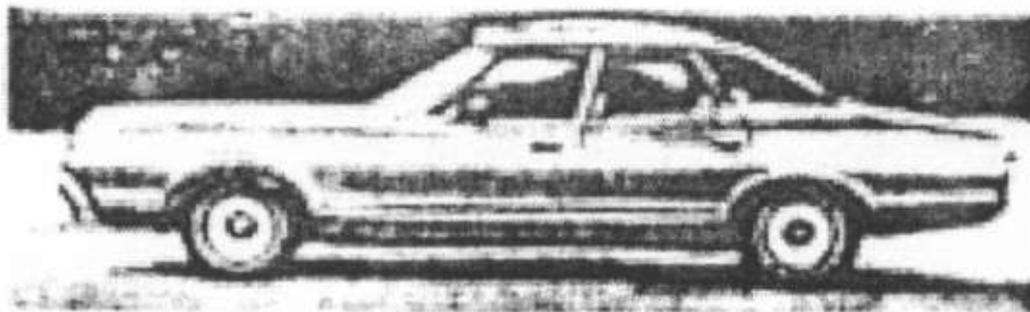


Рисунок 2.16 – «ФОРД ТОРИНО» (США).

В 1972 г. опытный двигатель Стирлинга, изготовленный голландской фирмой «Филипс», испытывался на машине «ФОРД ТОРИО» Мощность двигателя – 172 л.с. (127 кВт). Длина машины – 5,27 м. Масса в снаряженном состоянии – 1,9 т. Число мест – 5. Скорость – 200 км/ч (рисунок 2.15).

2.10. Газотурбинная силовая установка

Газотурбинная силовая установка при равной мощности легче и компактней ДВС, хорошо уравновешена. ОГ менее токсичны. Газовая турбина в силу особенностей своих тяговых характеристик может работать на автомобиле без коробки передач. Технология производства газовой турбины давно освоена авиационной промышленностью. В чем же тогда заключается то «но», которое несмотря на ведущиеся более 30 лет эксперименты с газотурбинными автомобилями, не дает им попасть в конвейер?

Главное «но» – низкая (по сравнению с поршневыми ДВС) экономичность и малый КПД. Кроме того, газотурбинные двигатели довольно дороги в производстве, и сегодня их можно встретить только на экспериментальных машинах (рисунок 2.17).

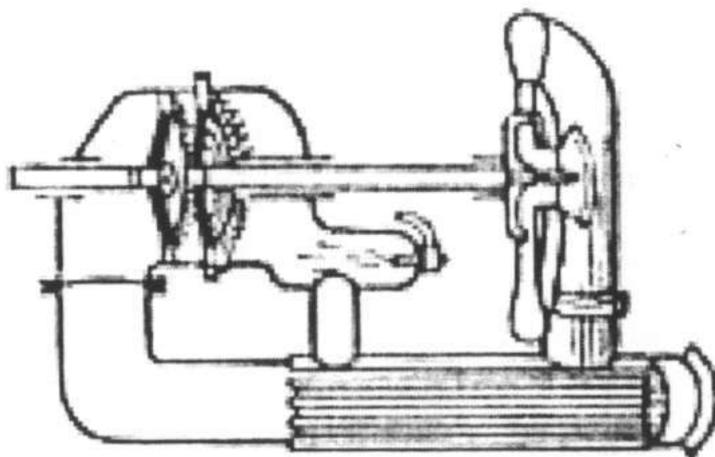


Рисунок 2.17 – Газовая двухвальная турбина.

Газы из камеры сгорания направляются на два рабочих колеса турбины, связанных каждое с самостоятельными валами. С левого отбирается мощность к колесам автомобиля, от правого – приводится в действие центробежный компрессор. Нагнетаемый им воздух попадает в камеру сгорания через теплообменник, где подогревается ОГ.

Первый в мире (1950 г.) опытный автомобиль с газотурбинной силовой установкой (рисунок 2.18).

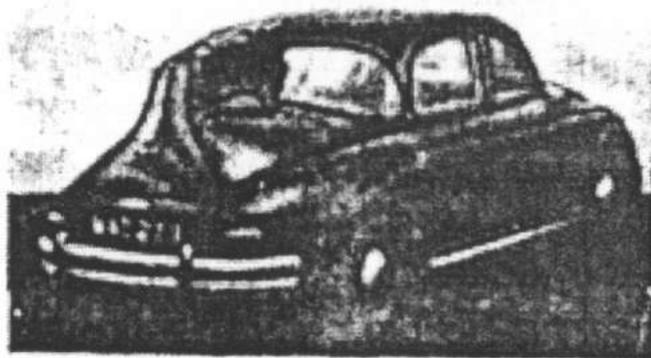


Рисунок 2.18 – «РОВЕР - Т1» (Англия).

В задней части серийного легкового "Ровер-75" смонтирована двухвальная турбина без теплообменника. Мощность - 100 л. с. (74 кВт) при 50 000 об/мин. Длина машины - 4,54 м. Масса в снаряженном состоянии - 1,4 т. Число мест 2. Скорость 137 км/ч.

Экспериментальный рекордно-гоночный автомобиль с газовой турбиной, построенный в Харьковском автомобильно – дорожном институте. Тип газовой турбины – двухвальная. Мощность – 400 л. с. (294 кВт) при 6000 об/мин. Масса машины в снаряженном состоянии – 0,84 т. Число мест – 1. Расчетная скорость – 400 км/ч (рисунок 2.19).

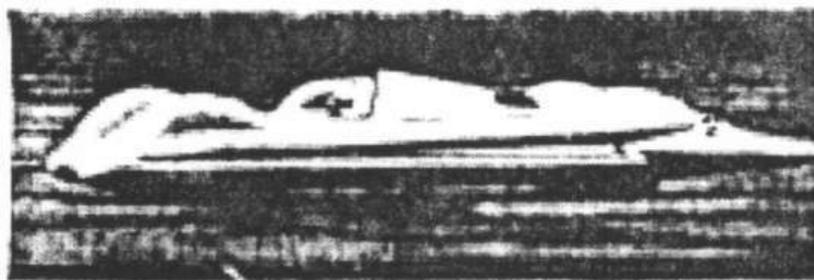


Рисунок 2.19 – ХАДИ – 7 (СССР)

2.11. Двигатели внешнего сгорания

Паровые машины применялись на автомобилях вплоть до 1931 года. Они работали на угле, мазуте, дровах. Среди их достоинств – долговечность, высокая плавность работы, хорошие тяговые характеристики, позволяющие обойтись без коробки передач. Главные недостатки: низкий КПД и значительная масса силовой установки (рисунок 2.20).

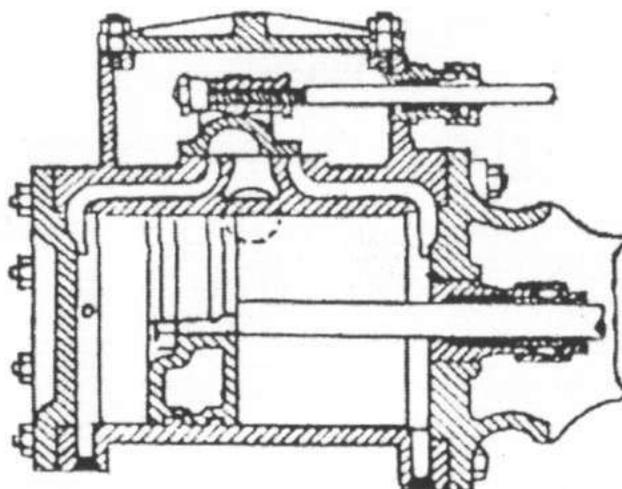


Рисунок 2.20 – Паровая поршневая машина.

Опытные разработки последних лет (в частности американца Б. Лира и других) позволили создать установки с полной конденсацией воды (замкнутый цикл), найти рецепты парообразующих жидкостей с более выгодными, чем вода показателями. И все же серийное производство паровых автомобилей пока не реализовано. За последние годы на него не решился ни один завод.

Пар попеременно подается то по одну, то по другую сторону поршня. Его подача регулируется золотником, скользящим в парораспределительной коробке над цилиндром. Шток поршня уплотнен в цилиндре втулкой и соединен с довольно громоздким крейцкопфным механизмом, преобразующим его обратно – поступательное движение во вращательное

Трехосный самосвал (1928 г.) с водотрубным вертикальным котлом и

горизонтальной паровой машиной двойного действия. Мощность двигателя – 60 л. с. (44 кВт) при 600 об/мин. Длина машины – 8.0 м. Масса в снаряженном состоянии – 10,5 т. Грузоподъемность – 10 т. Скорость – 15 км/ч (рисунок 2.21).

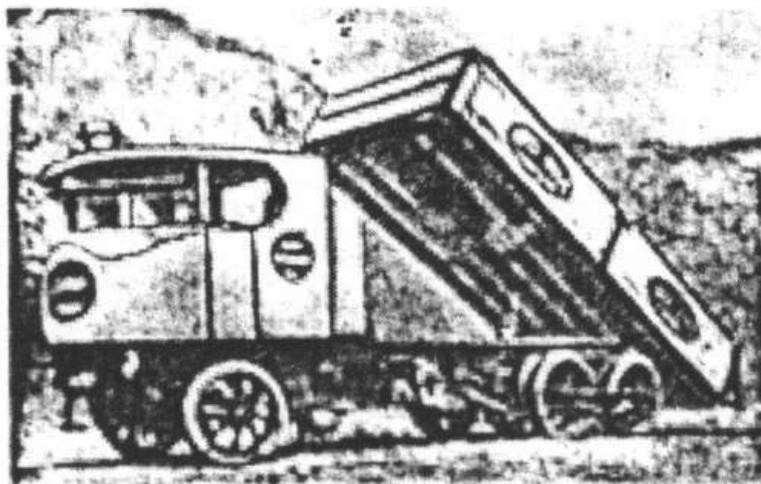


Рисунок 2.21 – «СЕНТМНЕЛЪ-DG-6» (Англия).

2.12. Гелиомобиль

Человечество, поставив себя на грань экологической катастрофы, всерьез задумывается о возможности передвижения по земле без помощи ДВС, безжалостно отравляющего воздух. Один из вариантов – использование солнечной энергии. Конечно, современные машины на солнечных батареях не могут еще соперничать с «Вольво» и «Тойотой», но в США, Японии, Австралии подобные разработки ведутся при непосредственном участии известнейших промышленных фирм. В нашей стране это новое направление пока еще удел энтузиастов – одиночек. Так как наш отечественный энтузиаст, как никто другой, привык преодолевать любые трудности, результаты в разработке гелиотехники есть и у нас. В Зеленограде группа таких энтузиастов под руководством Алексея Кноха уже не первый год занимается разработкой техники на солнечных батареях. Вероятно, им повезло больше чем их коллегам в других городах – работы взял под свое крыло центр научно-технического творчества молодежи («ДОКА»), Первым итогом сотрудничества стал гелиомобиль, вполне способный потягаться на равных с зарубежными моделями. Вес «солнечного первенца» – 170 кг, габариты – 4500 × 1500 × 800 мм, площадь панелей солнечных батарей – 6 м². Гелиомобиль имеет два двигателя. Один, мощностью 375 Вт, питается энергией солнечных батарей и в солнечный день обеспечивает движение со скоростью 15 км/ч. Второй, мощностью 1100 Вт работает от аккумулятора. Оба работающих двигателя позволяют развивать скорость до 53 км/ч.

2.13. Электромобиль

Самое радикальное средство борьбы за чистоту атмосферы в больших городах – переход к электромобилю, который совсем не будет выбрасывать в воздух токсичные выхлопные газы. Новый экипаж обладает и другими достоинствами. Более проста его конструктивная схема – в любом случае она обходится без таких сугубо автомобильных узлов, как механизм сцепления и коробка передач. Можно сделать все колеса электромобиля ведущими. Можно обойтись даже без традиционного руля – водитель будет действовать одной единственной рукояткой.

Над созданием электромобиля работают специалисты в разных странах. Опытные образцы привлекали внимание посетителей ВВЦ, испытывались на московских улицах. На Рижском автобусном заводе сконструирован для серийного производства микроэлектробус РАФ – 2204. Опытные образцы электромобилей, проходящие испытания, выпущены также Ульяновским, Ереванским и Волжским автозаводами.

Электротакси курсировали на территории выставки ЭКСПО – 70 в Осаке. Весьма успешно работают английские конструкторы – еще в начале 1975 года на улицах Манчестера появился электрический автобус, рассчитанный на 34 пассажира.

Легковые электромобили для города – новое поколение машин. По сравнению с теми машинами, которые мы ежеминутно видим на улицах, стремительными, сильными, нетерпеливыми, сверкающими никелем, у них довольно простоватый вид. Угловатые, непривычных пропорций, легковые электромобильчики, пузыри с прозрачным верхом и маленькими, почти как у мотороллера, колесами рассчитаны на одного – двух человек. Они строго функциональны, просты в управлении, бесшумны и не дают выхлопных газов. Идеал достигнут? Нет. трубить в фанфары рано. Электромобиль пока во многом уступает автомобилю. Прежде всего в скорости. Его максимальная скорость составляет 40...60 км/ч, у французских моделей даже 20 км/ч.

Впрочем, для большого города в часы пик, когда автомобильные двигатели работают в четверть силы, этого, пожалуй, вполне достаточно. Ведь в центре Нью-Йорка, например, автомобили двигаются со средней скоростью 11 км/ч.

Второй недостаток гораздо серьезнее. Запас хода у разработанных моделей составляет всего 50...80 км. Проехал такое расстояние и надо перезаряжать аккумуляторы или заменять их. Один из опытных образцов электробусов ФРГ снабжен прицепом для запасных аккумуляторов, но лишний груз ограничивает скорость. Итак, нужна густая сеть станций для обслуживания автомобилей.

И, наконец, слишком громоздкие, тяжелые и дорогостоящие аккумуляторы. вес которых не уступает или даже превосходит грузоподъемность машины. Например, вес четырех свинцовых аккумуляторных батарей, которыми снабжен английский электромобиль «Энфилд – 465», составляет 200 кг, а допустимая полезная нагрузка – 160 кг.

Одна из фирм США разработала экспериментальный автомобиль, который может работать и на бензине и на аккумуляторах. У машины 6

колес. Лишняя пара колес предназначена исключительно для несения дополнительной нагрузки – 400-килограммовой аккумуляторной батареи.

Выходит, что весь имеющийся автотранспорт, если заменить его электромобилями, потребует в 2,2 раза меньше энергии. Громоздкость аккумуляторов особенно удручает при их сравнении с жидким топливом. Автомобиль весом в одну тонну может пройти 35 миль на одном галлоне бензина (4,55 л), который весит всего 8,5 фунта. Электромобиль потребует для такого же расстояния 10 кВт час электроэнергии, вес необходимых для этого свинцовых аккумуляторов составляет 750 фунтов. Счет 88 : 1 в пользу жидкого топлива.

Создание миниатюрных аккумуляторов, которые выглядели бы по сравнению с имеющимися так же, как современные транзисторные радиоприемники на фоне громоздких радиоприемников – ящиков 25 – летней давности, сразу продвинуло бы вперед проблему электромобиля.

Заставляет призадуматься и сопоставление величин КПД разных типов транспортных средств. Вот три цепочки преобразования энергии от ее источника до получения нужного эффекта:

▶ уголь (или ядерная энергия) - электроэнергия – контактные провода – электротранспорт – КПД 6,5%.

▶ сырая нефть – бензин – автомобиль – КПД 4,4%.

▶ уголь (или ядерная энергия) – электроэнергия – аккумуляторная батарея – электромобиль – КПД 2%.

Электрический омнибус построен И. В. Романовым в 1901 г. Восемь аккумуляторов обеспечивали запас хода 60 км. Мощность двух электродвигателей - 6 л. с. (4 кВт). Масса в снаряженном состоянии – 1,6 т. Число мест – 17. Скорость -11 км/ч (рисунок 2.22).



Рисунок 2.22 – «РОМАНОВ» (Россия)

Тут возникает опасение: а не может ли оказаться так, что загрязнение воздуха в результате работы тепловых электростанций, чья энергия необходима для зарядки батарей, превзойдет общие выбросы тех самых автомобилей с ДВС, из-за которых разгорелся сыр-бор? Вряд ли. В

последние годы достигнут заметный прогресс в очистке как пылевых, так и газовых (оксиды серы) выбросов тепловых электростанций. Кроме того, новые электростанции можно размещать вдали от городов.

Возможен и безаккумуляторный вариант. В будущем появятся городские транспортные средства без собственных источников энергии. Они будут снимать ток с кабелей, проложенных вдоль улиц. Постепенно так будут оборудованы и наиболее оживленные междугородные шоссе. В более отдаленной перспективе - автоматический электромобильный транспорт в городах. В специальную прорезь опускается карточка с указанием места назначения, и центральная транспортная ЭВМ отправляет такси по кратчайшему маршруту до заданного пункта.

Экспериментальный доставочный электромобиль со свинцово-кислотными батареями и электрооборудованием, работающим на постоянном токе. Запас хода при одной ускоренной зарядке – 70 км. Мощность двигателя – 10 кВт. Масса в снаряженном состоянии – около 2 т. Грузоподъемность – 0,5 т. Скорость – 70 км/ч (рисунок 2.23).



Рисунок 2.23 – НИИАТ А. 925.01 (СССР)

Компания «Дженерал моторе» с 1997 года продает серийный электромобиль EV1 массового производства, так как в соответствии с калифорнийским законодательством, по которому производители, желающие присутствовать на рынке самого богатого штата США, обязаны поставлять 2% автомобилей с нулевыми выбросами в атмосферу от общего объема продаж.

Ради того, чтобы удержать цену в пределах 35000 долларов, пришлось отказаться от эффективных, но очень дорогих никель-кадмиевых и серебряно-цинковых батарей в пользу дешевых свинцово – кислотных. Однако, даже с ними EV1 проходит 150 км до подзарядки по шоссе и 120 км в городе, разгоняется с места до 96 км/ч за 9 секунд и развивает принудительно ограниченную скорость 129 км/ч. Таких параметров вполне достаточно для повседневной эксплуатации – поездок на работу и по магазинам. Если бы обычный автомобиль столь же экономно расходовал энергию как EV1, то ему бы удалось потратить меньше одного литра топлива на 100 км.

Одна из главных проблем, с которой встречаются создатели таких машин, – масса автомобиля (вернее электромобиля). Двадцать шесть 12 – вольтовых аккумуляторов хранят 1378 А ч электроэнергии. Вся батарея весит 533 кг, что составляет более трети от полной массы машины. Специальная система

окисляет выделяющийся при зарядке аккумуляторов водород в воду и «доливает банки». Для того, чтобы обеспечить хорошие динамические качества, требуется мощный двигатель – трёхфазный электромотор переменного тока развивает мощность 102 кВт (138 л.с.) при частоте вращения от 7000 до 14000 об/мин. Крутящий момент на ведущих колесах при трогании с места - 1640 Н м. Он держится на этой отметке до тех пор, пока двигатель не раскрутится до 7000 об/мин. Вместо коробки передач стоит двухступенчатый редуктор.

Можно сказать, что усилиями всех подразделений «Дженерал моторе» создан электромобиль, по удобству управления, пользования и ходовым качествам почти не уступающий обычным автомобилям.

2.14. Применение перспективных горючих материалов

Снижение вредных выбросов от автомобилей может быть достигнуто за счет улучшения качества традиционных моторных топлив и применения новых, экологически более "чистых" видов горючего. Основным мероприятием в данном направлении является снижение содержания в автомобильных бензинах высокотоксичного антидетонатора тетраэтилсвинца (ТЭС). До настоящего времени около 75% выпускаемых в бывшем СССР бензинов являются этилированными и содержат от 0,17 до 0,37 г свинца на литр бензина. При сгорании этилированных бензинов около половины содержащегося свинца выбрасывается с выхлопными газами в атмосферу. Для решения этой проблемы необходим отказ от использования ТЭС, как путем увеличения выработки неэтилированных бензинов (что связано с необходимостью расширения объемов вторичных процессов в нефтепереработке), так и с помощью применения нетоксичных антидетонаторов. В США, Германии, Швейцарии, Японии и других странах содержание свинца в автомобильных бензинах доведено до минимума (0,15 г/л и менее), в ближайшее время свинцовые антидетонаторы в этих странах вообще не будут использоваться. В России полный отказ от использования этилированного бензина планируется к 2000 году, что связано с трудностями модернизации технологических процессов нефтепереработки.

Одним из наиболее перспективных заменителей ТЭС является метилтретичнобутиловый эфир (МТБЭ). МТБЭ добавляется в бензинсырец вместо ТЭС (8% в бензин А-76 и 11% в бензин АИ-93), в результате чего прекращается выброс свинцовистых соединений и снижается на 5...10% выброс других токсичных веществ. Однако, несмотря на актуальность применения этой присадки, ее промышленное производство пока не налажено.

Существенное снижение загрязнения окружающей среды и экономия бензинов достигаются при замене традиционных нефтяных топлив так называемыми альтернативными видами моторных топлив, в первую очередь, газовым топливом. В этом плане практическое применение нашли сжиженные пропан-бутановые газы и сжатый природный газ. По экспериментальным

оценкам, использование газового топлива снижает выбросы оксида углерода в 2...4 раза, оксидов азота - в 1,1... 1,5 и суммарных углеводородов – в 2... 1,4 раза.

Однако, переход на использование сжатого газового топлива, по ряду оценок, сочетается с недостатками, в частности, со снижением мощности двигателя на 20% и грузоподъемности на 14% (из-за значительной массы газовых баллонов), с уменьшением запаса хода автомобилей на одной заправке до 180...220 км (вдвое по сравнению с автомобилями, работающими на бензине) и необходимостью значительных затрат на переоборудование автомобилей, автохозяйств, строительство газонаполнительных станций.

К сокращению выброса ряда токсичных веществ приводит дизелизация автомобильного парка. В то же время на практике низкое качество дизельного топлива, сезонное несоответствие его марок, а также нестабильность регулировочных характеристик топливной аппаратуры приводят к неоправданно завышенным выбросам вредных веществ (в первую очередь сернистого ангидрида).

В России до 80% крупных и средних предприятий автомобильного транспорта были оснащены системами подогрева двигателей автомобилей в холодный период года, что также существенно снижает вредные выбросы за счет уменьшения времени прогрева перед выездом на линию. В последние годы широко проводятся исследования в области использования присадок к топливам с целью уменьшения токсичности и дымности выбросов. В качестве присадок к дизельным топливам, снижающим содержание сажи в ОГ, применяются металлоорганические химические соединения, ферроцены. Механизм действия этих присадок состоит в их рассеивающем воздействии на сажу и каталитическом воздействии на процесс ее сгорания. Наиболее распространены антидымные присадки на бариевой основе. Применение присадок позволяет снизить дымность в 4...7 раз (в зависимости от процента содержания присадки в топливе и режима работы двигателя).

Рассмотрим преимущества и недостатки перспективных альтернативных видов топлива.

Перспективное автомобильное топливо – это любой химический источник энергии, использование которого в традиционных или разрабатываемых автомобильных двигателях позволяет в какой-то степени решить энергетическую проблему и уменьшить вредное воздействие на окружающую среду. Исходя из этого, формулируются пять основных условий перспективности новых источников энергии:

- ▶ наличие достаточных энерго – сырьевых ресурсов;
- ▶ возможность массового производства;
- ▶ технологическая и энергетическая совместимость с транспортными силовыми установками;
- ▶ приемлемые токсичные и экономические показатели процесса использования энергии;
- ▶ безопасность и безвредность эксплуатации.

Существует несколько различных классификаций перспективных

автомобильных топлив. Большой практический интерес представляет энергетическая классификация, в основу которой положена калорийность традиционного жидкого углеводородного топлива.

Традиционное жидкое углеводородное топливо имеет самую высокую энергоплотность, поэтому автомобиль, работающий на нем, имеет не большие размеры и массу топливного бака и топливной аппаратуры и не требует сложной системы заправки и хранения топлива. Углеводородные топлива и водород обладают более высокой массовой энергоемкостью, но из-за малой плотности имеют значительно худшие объемные энергетические Показатели. Поэтому использование этих топлив возможно только в сжатом или сжиженном состоянии, что в ряде случаев значительно усложняет конструкцию автомобиля

2.14.1. Углеводородные газы

Технология использования углеводородных топлив в качестве автомобильного топлива была разработана еще в 30-е годы, но впоследствии газовое топливо было повсеместно вытеснено более энергоемким и удобным в эксплуатации жидким топливом. Углеводородные газы делятся на природные и сжиженные. Природные в основном состоят из метана с небольшой примесью этана. В состав сжиженных газов входят пепсоконденсирующиеся при сжатии газообразные углеводороды. Их основные компоненты - пропан и бутан.

Сжиженный природный газ (СПГ) является качественным моторным топливом, обладающим высокой теплотворной способностью и хорошими антидетонационными свойствами. Октановое число у природного газа на 15% выше, чем у лучших нефтяных автобензинов. Для бензиновых двигателей СПГ не создает дополнительных проблем, но он может быть применен в дизелях. В этом случае возможны два варианта: установка дополнительного блока искрового зажигания; впрыск в цилиндры до 15% запального дизтоплива. При работе по первому варианту обеспечиваются номинальные мощности с незначительным снижением КПД. По второму – снижение КПД не происходит, а сам двигатель приобретает универсальность – может работать как на природном газе, так и на дизельном топливе. СПГ не токсичен, не загрязняет топливной системы, не вызывает коррозии. При его применении увеличивается срок службы оборудования, в 2 раза снижается расход масла и увеличивается межремонтный ресурс. Не менее важен и экологический аспект. СПГ в автомобильных двигателях сгорает практически полностью, по сравнению с бензиновым выхлопом содержание углеводородов в воздухе сокращается в 2...3 раза, оксида азота - в 2 раза, оксида углерода – в 10 раз.

В Москве и некоторых других городах часть автомобильного парка уже переведена на сжиженный пропан. Однако, пропан дефицитен и менее эффективен в качестве моторного топлива, чем природный газ.

Перевод автомобилей на газовое топливо требует некоторых

конструктивных изменений, в противном случае мощность ДВС может снизиться на 6... 18%, а расход топлива увеличиться на 10... 11%. Это связано с ухудшением наполнения цилиндров, особенно при подогреве впускного патрубка. Современные мероприятия по переводу бензинового ДВС на газовое топливо заключаются в увеличении степени сжатия на 1,5...2 единицы, – уменьшении подогрева впускного патрубка рабочей смеси, применении специальных карбюраторов и газовых баллонов. Как прави ло, в случае необходимости сохраняется возможность работы на бензине.

Токсичность ОГ автомобиля, работающего на газовом топливе, значительно ниже. Это объясняется следующими причинами:

- ▶ качественное смесеобразование и равномерное распределение топлива по цилиндрам, большая антидетонационная стойкость углеводородных газов и большая степень сжатия обеспечивают работу двигателя на обедненных смесях, следовательно, уменьшается содержание CO и C_nH_m и повышается топливная экономичность;

- ▶ меньшая температура в камере сгорания приводит к уменьшению содержания NO_x в ОГ;

- ▶ герметичная система топливопередачи исключает испарение топлива из карбюратора и топливного бака.

К недостаткам использования газового топлива можно отнести: большая масса топливной системы, особенно при эксплуатации на природном газе; меньший запас хода; затрудненный запуск в холодную погоду (при – 8°С и ниже запустить двигатель без дополнительных, подогревающих устройств невозможно); возможность взрыва газового баллона автомобиля, работающего на сжатом газе.

К традиционным видам вторичных ресурсов относятся побочные продукты, образующиеся в результате различных производственных процессов в металлургии, химической промышленности и при утилизации отходов жизнедеятельности человека: коксовый, доменный, сланцевый, генераторный и канализационный газы. Показатели работы и токсичность ОГ автомобилей, работающих на этих газах, практически такие же, как при работе на СПГ. Пока вторичные ресурсы не нашли широкого применения на автомобильном транспорте. Учитывая местный характер этих ресурсов, наиболее целесообразно использовать их в качестве топлива для внутризаводских транспортных средств.

2.14.2. Водотопливные эмульсии

Применение воды в рабочем процессе ДВС НС является новинкой последних лет. Впрыск воды использовался для обеспечения работы ДВС на низкооктановых топливах еще в 30-е годы.

Сейчас основное внимание при использовании воды в качестве добавки к топливу уделяется возможности повышения экономичности и снижения токсичности ОГ автомобиля.

Водотопливные эмульсии – это жидкое топливо с мельчайшими

каплями равномерно распределенной по объему топлива воды. Эмульсия готовится непосредственно на автомобиле. Для предотвращения расслоения эмульсии в топливо добавляется эмульгатор в количестве 0,2...0,5%. Содержание воды в водотопливной эмульсии может достигать 30...40%.

Применение водотопливных эмульсий возможно как в карбюраторном, так и дизельном ДВС. Но в карбюраторном ДВС применение водотопливных эмульсий в ряде случаев приводит к ухудшению некоторых показателей (в частности топливной экономичности), отказам при полном открытии дроссельной заслонки, перебоям при движении с низкой скоростью. Наилучшие результаты дает использование водотопливных эмульсий на дизельных ДВС. Подача в камеру сгорания воды обеспечивает дополнительное распыливание топлива за счет дробления перегретыми парами воды. Удельный расход топлива при этом снижается на 4... 10%.

Добавка воды к топливу позволяет снизить содержание некоторых токсичных веществ в ОГ за счет уменьшения максимальных температур в камере сгорания, величина которых определяет количество NO_x . При применении водотопливных эмульсий количество NO_x может снизиться на 40...50%. Снижается также дымность ОГ, так как сажа при наличии паров воды взаимодействует с ними с образованием углекислого газа и азота. Выделение CO остается практически неизменным по сравнению с работой ДВС на топливе без добавки воды, а выделение C_nH_m несколько увеличивается.

Этот вид топлива пока не нашел широкого применения на автомобильном транспорте, поскольку усложняется конструкция автомобиля, возникает ряд проблем при эксплуатации в зимний период, недостаточно изучено влияние воды на условия работы и долговечность ДВС.

2.14.3. Синтетические спирты

В качестве топлива для ДВС автомобилей нашли применение метанол и этанол как в чистом виде, так и в составе многокомпонентных смесей.

Наибольшее распространение автомобили, работающие на спиртовом топливе, получили в Бразилии, где спирт вырабатывается из сахарного тростника.

Бразилия ввозит 80...85% нефтепродуктов, за которые расплачивается валютой. Расходы на горючее растут из года в год и исчисляются миллиардами долларов. Поэтому в стране с энтузиазмом встречен объявленный президентом в 1975 году проект «алкоголизации транспорта». С этого года топливные баки бразильских автомобилей заправляются смесью спирта и бензина в пропорции 1:4.

Со временем предполагается перевести весь автопарк на использование этилового спирта вместо бензина. Спирт, как уже было отмечено, получают из сахарного тростника (Бразилия - крупнейший в мире производитель этой культуры). Возможно получение до 80 т биомассы с 1 га в год. Плантаций,

занимающих 2% территории страны, будет достаточно, чтобы обеспечить потребность в новом горючем.

По расчетам специалистов 1л спирта обходится на 30...35% дешевле бензина.

Мексика, вторая по численности населения страна Латинской Америки, готова последовать бразильскому примеру. В США также проявляется интерес к производству топливного спирта из древесных, сельскохозяйственных и иных отходов.

С энергетической точки зрения преимущество спиртовых топлив заключается в высоком КПД рабочего процесса и высокой антидетонационной стойкости топлива, но теплота сгорания спиртов примерно вдвое ниже, чем у бензинов. Низкая энергоемкость спиртов ведет к увеличению удельного расхода топлива.

Использование спиртов требует сравнительно небольшого изменения конструкции автомобиля. Основные мероприятия сводятся к увеличению объема топливных баков, увеличению проходных сечений жиклеров и установке устройств, обеспечивающих стабильный пуск ДВС в любую погоду. Требуется также замена некоторых металлов и прокладочных материалов, в частности облицовка пластмассой метанольного бака. Это связано с высокой коррозионной активностью спиртов и необходимостью более тщательной герметизации топливоподающей системы, поскольку метанол является нервно – сосудистым ядом. Высокие антидетонационные показатели спиртов позволяют повышать степень сжатия ДВС до 14...15 единиц

Использование спиртовых топлив снижает содержание токсичных веществ в ОГ, особенно NO_x в 5...8 раз, что объясняется меньшей температурой горения спиртового топлива.

2.14.4. Водородное топливо

Большие надежды возлагаются на водородное топливо как на топливо будущего. Обусловлено это его высокими энергетическими показателями, отсутствием большинства токсичных веществ в продуктах сгорания и практически неограниченной сырьевой базой. Именно с водородом связывают перспективное развитие энергетики [29].

По массовой энергоемкости водород превосходит углеводородные топлива примерно в 3 раза, спирты в 5...6 раз. Но из-за очень малой плотности его энергоплотность низка.

Водород обладает рядом свойств, сильно затрудняющих его использование:

- сжижается при температуре 24 К;
- обладает высокой диффузионной способностью;
- предъявляет повышенные требования к контактирующим материалам;

– взрывоопасен.

Однако, несмотря на эти трудности, ученые многих стран ведут работы по созданию автомобилей, работающих на водородном топливе. Многочисленные схемы возможного его применения на автомобиле делятся на две группы: водород как основное топливо и как добавки к современным моторным топливам.

Водород обладает, как уже отмечалось, малой энергоплотностью, поэтому для обеспечения достаточного запаса хода автомобиля хранить его можно только в сжатом виде.

Основной трудностью при использовании водорода в сжиженном состоянии является его низкая температура. Обычно жидкий водород транспортируется в криогенных резервуарах с двойными стенками, пространство которыми заполнено изоляцией. Для безопасной эксплуатации жидкого водорода необходимы полная герметизация топливоподающей системы и обеспечение сброса избыточного давления.

При переводе на водородное топливо мощность двигателя снижается на 20...25%. Это связано с ухудшением наполнения цилиндров из-за низкой плотности водорода. Устанавливается специальная система подачи водорода в цилиндры. Наилучшие результаты получены при непосредственном впрыске в цилиндры под давлением. Состав смеси колеблется в широком диапазоне – от $\alpha = 0,2$ до $\alpha = 5$.

В нашей стране стали использовать водород в ДВС еще 50 лет назад. Было это в осажденном Ленинграде, где не хватало не только пищи, но и горючего для машин. Тогда-то и удалось заменить бензин водородом. В послевоенные годы, когда в стране не было дефицита жидкого топлива и избытка загрязнителей атмосферы, этот первый опыт был основательно забыт. Однако, за последние несколько лет на постсоветском пространстве созданы несколько моделей водородных автомобилей, в том числе автобусы. В одесском порту успешно применяются автопогрузчики на водороде. Какие же могут быть проблемы с использованием экологически чистого водородного топлива? Главные причины тут объективные. Ведь водород – это вторичное сырье, для производства которого требуется тратить много энергии.

Если автомобили на водороде станут широко распространены, для них потребуется очень много водорода, на производство которого уйдет прорва ископаемого топлива. Соответственно, будет загрязняться окружающая среда. В чем же выгода? Не удобнее ли тогда электромобили? Они-то вдобавок невзрывоопасны. В поисках экологичной энергетики порой выдвигаются очень смелые идеи, граничащие с научной фантастикой. Один из участников Всемирного водородного конгресса американский ученый Рауль Сервус предложил использовать термическую энергию океана с помощью погружаемых в воду теплообменников, сделанных на основе металлгидридов, которые способны поглощать и выделять огромные количества водорода. Австрийский ученый Чезаре Маркетти предложил выращивать водородные... «деревья». В них вырабатывать водород будут

бактерии, обитающие на корнях, а также в особых наростах на листьях – галлах. Переносчиком этих бактерий могут стать прирученные насекомые.

Огромный интерес у специалистов вызвала экспериментальная «Волга», работающая на бензоводородной смеси, которую создали специалисты Института проблем машиностроения АН УССР. Детище харьковских ученых полностью отвечает строгим экологическим требованиям и в то же время отличается высокой экономичностью. Харьковчане создали машину, работающую на смеси бензина и водорода. Идея проста: добавка небольшого количества водорода к обычному топливу активизирует процесс сгорания в цилиндрах двигателя, и, благодаря этому, содержание вредных веществ в ОГ резко снижается. Экспериментальная «Волга» внешне ничем не отличается от обычного серийного автомобиля. Это и понятно: в ней модернизировано лишь несколько внутренних узлов. Сложнее всего было решить проблему хранения водорода на борту автомобиля. Есть еще один способ, который и выбрали харьковские ученые: аккумулировать водород путем связки его с другими химическими элементами. Известно, что некоторые металлы и их сплавы при охлаждении способны впитывать водород. При этом его атомы внедряются в пустоты между атомами металлов, но побочных связей с ними не образуют. Преимущества хранения газа в таком виде очевидны. Во – первых, «упакованный» в кристаллическую решетку металла водород перестает быть взрывоопасным.

Во – вторых, при нагреве его можно легко оттуда извлечь. Основной элемент системы хранения водорода на автомобиле – гидридный бак. Конструкция его такова. В герметическом корпусе коробчатой формы размещены трубки, заполненные порошком сплава железа и титана. Через бак проходят также два патрубка. Один – для подачи холодной воды при заправке водородом, второй – для подвода горячих ОГ, которые заставляют цилиндр отдавать водород. На экспериментальной «Волге» гидридный бак, размером с чемодан, размещен в багажнике, рассчитан на хранение 2,4 кг водорода. Этого количества достаточно для 350 – километрового пробега автомобиля. Из резервуара водород поступает в систему питания двигателя. Переоборудовать ее было несложно. Система получилась надежной и дешевой. Система питания двигателя включает в себя двухдиффузорный карбюратор, редуктор высокого давления, всережимный регулятор расхода водорода и электромагнитные клапаны с электронным зажиганием. Регулирование мощности двигателя осуществляется путем изменения состава топливной смеси. Причем, пропорцию бензина и водорода в зависимости от режима работы определяет автоматика. Во время движения автомобиля по инерции и в случае остановки двигателя она отключает подачу водорода. На холостом ходу, когда выхлоп наиболее токсичен, в цилиндры двигателя поступает только чистый водород, и ОГ становятся безвредными. В режиме полной мощности автомобиль работает на топливной смеси, в которой 3% водорода и 97% бензина. Такая пропорция пропана не случайно. Трехпроцентная добавка водорода к бензину позволит сохранить спроектированную мощность двигателя. В то же время содержание вредных компонентов в выхлопе становится минимальным: количество оксид

углерода уменьшается в 5 раз, углеводорода – в 4 раза по сравнению с предельными нормами, допускаемыми стандартом. Оксид азота отсутствует совсем.

Разрабатывается также «азотный» двигатель. Для дистанции 80 км требуется 4,5 л сжиженного азота. Он попадает в испаритель, превращается в газ, который обладая высоким давлением, приводит в действие электрогенератор. Выхлопные газы состоят из безвредного чистого азота,.

В таблице 2.12 приведены сравнительные данные топливных систем автомобиля, работающего на традиционном бензине и водороде.

Таблица 2.12 – Сравнительные данные топливных систем

Показатель	Сравнение топливных систем автомобиля, работающего на бензине и водороде			
	бензин	сжатый водород	сжиженный водород	вторичные энергоносители
Масса топлива, кг	53,5	13,4	13,4	181
Объем топлива, м'	0,07	1,0	0,19	0,23
Масса бака, кг	13,0	1361	181	45,4

Глава 3. Автомобильные дороги

3.1. Автомобильная транспортная сеть. Классификация автомобильных дорог

Автомобильная транспортная сеть представляет собой комплекс автомобильных дорог, автотранспортных средств и специализированных предприятий.

Каждый из элементов этой транспортной сети, в свою очередь, является сложной структурой. Так, автомобильные дороги включают в свой состав сами дороги, сооружения, мосты, трубы, переправы, здания линейно-эксплуатационной службы и автотранспортные сооружения, зеленые насаждения, снегозащитные и путевые ограждения, крепительные устройства, дорожные знаки и указатели.

В настоящее время автотранспортная сеть России включает в себя более 531 тыс. км автомобильных дорог общего пользования. К автомобильным дорогам общего пользования относятся внегородские автомобильные дороги, которые являются государственной собственностью Российской Федерации и подразделяются на:

1. Дороги общего пользования, являющиеся федеральной собственностью.
2. Федеральные дороги.
3. Дороги субъектов Российской Федерации, относящиеся соответственно к собственности субъектов Российской Федерации.

Основные грузопотоки проходят по федеральным дорогам, к которым относятся:

- 1) магистральные дороги:
 - соединяющие столицу Российской Федерации – г. Москву со столицами независимых государств, столицами республик в составе Российской Федерации, административными центрами краев и областей;
 - обеспечивающие международные автотранспортные связи;
- 2) прочие дороги, соединяющие между собой столицы республик в составе Российской Федерации, административные центры краев, областей, а также этих городов с ближайшими административными центрами автономных образований.

При отсутствии автомобильной дороги от сети федеральных дорог до административных центров к федеральным дорогам относятся автомобильные дороги от этих центров до аэропортов, морских, речных портов, железнодорожных станций.

Перечень федеральных дорог утверждается Правительством Российской Федерации по представлению Министерства транспорта Российской Федерации

Помимо дорог общего пользования автомобильные дороги, расположенные в Российской Федерации, классифицируются по принадлежности на ведомственные и частные автомобильные дороги. К

ведомственным и частным автомобильным дорогам относятся дороги предприятий, объединений, учреждений и организаций, крестьянских (фермерских) хозяйств, предпринимателей и их объединений и других организаций, используемые ими для своих технологических, ведомственных или частных нужд.

Перечень автомобильных дорог (с указанием расстояний между населенными пунктами), по которым осуществляются регулярные междугородные перевозки грузов автомобильным транспортом, приведен в Приложении 2 к настоящему параграфу.

Согласно ГОСТ Р 50597 – 93 автомобильные дороги, дороги и улицы городов и других населенных пунктов по их транспортно-эксплуатационным характеристикам объединены в следующие группы (таблица 3.1)

Таблица 3.1 – Классификация дорог

Группы автомобильных дорог	Транспортная характеристика	Интенсивность движения, тыс. авт./сут
А	Магистральные дороги скоростного движения, магистральные улицы общегородского значения непрерывного движения	более 3
Б	Магистральные дороги регулируемого движения, магистральные улицы общегородского значения регулируемого движения и районного значения	от 1 до 3
В	Улицы и дороги местного значения	менее 1

Автотранспортные предприятия и организации при перевозке грузов по автомобильным дорогам обязаны обеспечивать безопасность движения и сохранность дороги.

На автомобильных дорогах запрещается:

а) проезд транспортных средств, общая высота которых с грузом превышает указанные на дорожных знаках габариты;

б) провоз грузов, выступающих по ширине за габариты транспортных средств, установленные государственным стандартом или техническими условиями, а также грузов, выступающих за задний бор более чем на 2 метра или волочащихся по дороге;

в) проезд всех видов транспортных средств с нагрузками на ось, превышающими нормы, установленные государственными стандартами или указанные на дорожных знаках.

Перевозка негабаритных грузов может осуществляться в отдельных

случаях по разрешению дорожных органов и органов ГИБДД

Грузоотправители и грузополучатели обязаны иметь подъездные пути от автомобильных дорог к пунктам погрузки и выгрузки и содержать эти пути в исправном состоянии, обеспечивающем беспрепятственное и безопасное движение автомобилей и свободное маневрирование их в любое время осуществления перевозок.

Соответствие состояния автомобильных дорог и подъездных путей, находящихся на территории РФ, требованиям безопасности движения и сохранности груза и подвижного состава определяется совместно соответствующими дорожными органами, автотранспортными предприятиями или организациями и органами ГИБДД.

Требования к качеству и состоянию дорог регламентируются следующими нормативными документами (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Нормативная документация

ГОСТ	Название
ГОСТ Р 50597-93	Автомобильные дороги и улицы. Требования к эксплуатационному состоянию, допустимому по условиям обеспечения безопасности дорожного движения
ГОСТ 10807-78	Знаки дорожные. Общие технические условия
ГОСТ 13508-74	Разметка дорожная
ГОСТ 23457-86	Технические средства организации дорожного движения. Правила применения
ГОСТ 25695-91	Светофоры дорожные. Типы. Основные параметры
ГОСТ 26804-86	Ограждения дорожные металлические барьерного типа. Технические условия
СНиП 2.05 02-85	Автомобильные дороги
СНиП 2.07.01.89	Планировка и застройка городских и сельских поселений
СНиП 3.06 03-85	Автомобильные дороги
ВСН 24-48	Технические правила ремонта и содержания автомобильных дорог
Инструкция МПС	Инструкция по эксплуатации железнодорожных переездов России № ЦП/483

Согласно законодательству дороги должны содержаться в соответствии с требованиями правил содержания и ремонта автомобильных дорог.

Содержание, обслуживание и надзор за техническими средствами регулирования, дорожными знаками и разметкой обеспечиваются соответствующими дорожными и коммунальными организациями, а также органами ГИБДД.

Покрытие дороги должно обеспечивать надежное сцепление колес и

быть ровным, без колеи и выбоин. Асфальтобетонные покрытия должны своевременно очищаться от пыли и грязи. Особенно тщательно должна производиться очистка асфальтобетонных покрытий в пределах населенных пунктов, а также в местах примыкания подъездных дорог или пересечений с ними. Содержание автомобильных дорог в зимнее время должно осуществляться с учетом требований действующих указаний и инструкций по защите и очистке автомобильных дорог от снега и по борьбе с гололедом на автомобильных дорогах. Дороги с усовершенствованными покрытиями должны полностью очищаться от снега.

Просадки, выбоины и другие неровности дорожного покрытия, особенно в местах сопряжения с искусственными сооружениями, должны устраняться в первую очередь.

Обочины должны быть в одном уровне с покрытием проезжей части дороги и укрепляться стабилизацией фунта вяжущими материалами или другим способом в зависимости от покрытия проезжей части дороги применительно к требованиям СНиП (п. 6.20 и 6.21).

Образующиеся промоины на обочинах должны немедленно устраняться, а до их устранения ограждаться ясно видимыми ограждениями.

В зимний период эксплуатации необходимо при наличии предупреждения гидрометеослужбы проводить профилактическую россыпь материалов, предотвращающих образование гололеда, и с началом снегопада начинать патрульную снегоочистку дорог.

В первую очередь эти мероприятия должны осуществляться на наиболее опасных участках: спусках, кривых малого радиуса и подходах к ним на расстоянии не менее 100 м в пределах пересечений в одном уровне и на расстоянии 100 — 150 м до пересечения, на участках с ограниченной видимостью и т.п.

При выполнении на автомобильных дорогах ремонтных работ дорожные, коммунальные организации по согласованию с органами ГИБДД обеспечивают в установленном порядке организацию движения путем расстановки необходимых дорожных знаков, ограждающих устройств, установки сигнализации, организации объездов и т.д.

Основные параметры дорожного полотна представлены на рисунке 3.1

План дороги дает полное представление об одном из важных для безопасности движения параметров — радиусах закруглений, их расположении, количестве и так далее.

Допустимые значения радиусов установлены СНиПом. В зависимости от категории дороги, сложности условий движения радиусы составляют от 30 до 1000 м, а внутрихозяйственных дорог от 15 до 1000 м. Продольный профиль характеризует крутизну подъемов и спусков (продольных уклонов). Продольные уклоны оценивают в градусах, процентах, промилле. В технических характеристиках величина преодолеваемого автомобилем уклона дается в градусах.

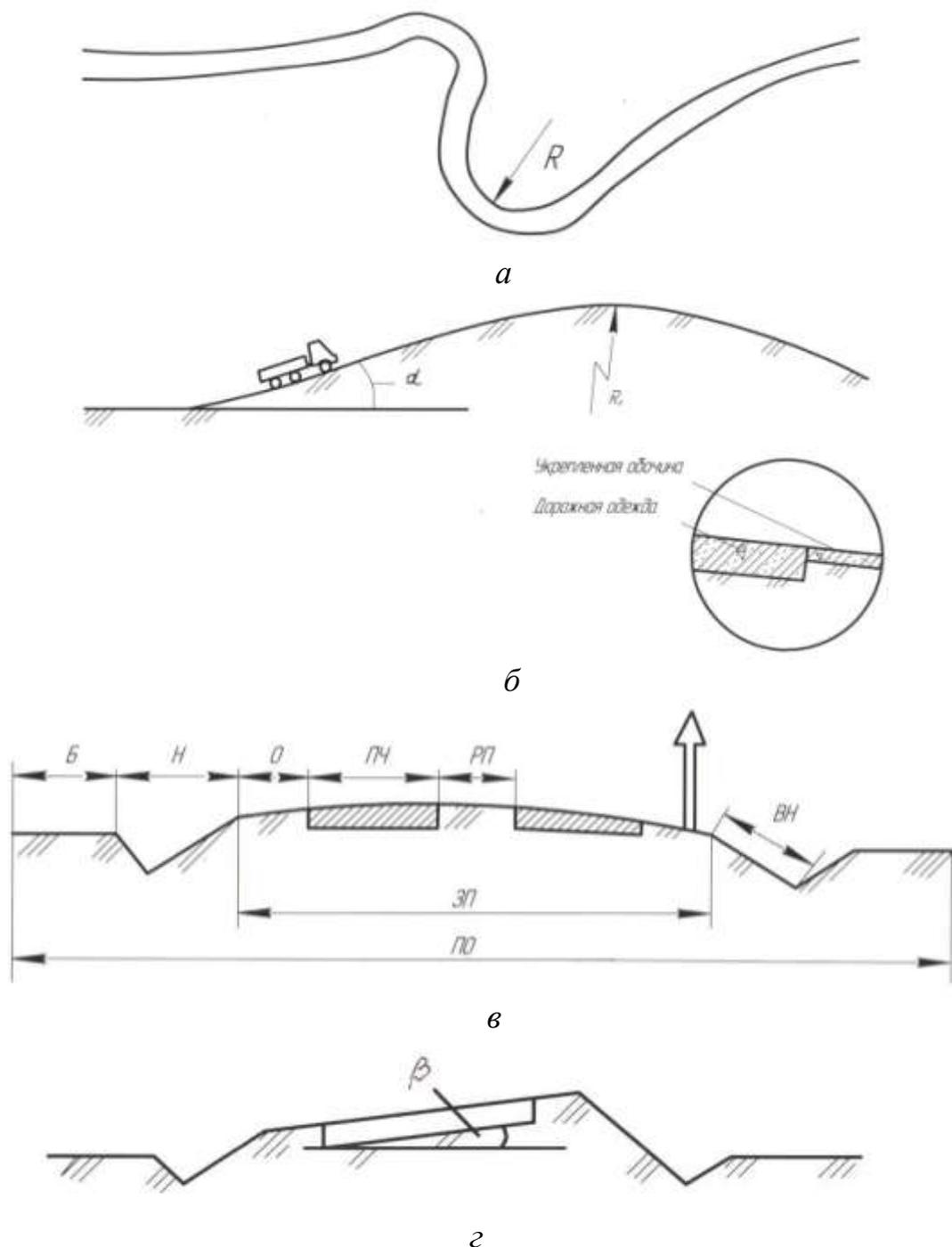


Рисунок 3.1 – Элементы автомобильной дороги

a – план дороги; $б$ – продольный профиль; $в$ – поперечный профиль; $г$ – вираж на повороте; R – радиус кривой; R_B – вертикальный радиус; α – угол подъема; β – угол виража; ПО – полоса отвода; ЗП – земляное полотно; РП – разделительная полоса; ПЧ – проезжая часть; О – обочина; К – кювет; Б – бровка; ВН – внутренний откос

Большие уклоны и кривые малых радиусов представляют серьезную опасность для автомобилей, движущихся с высокой скоростью, особенно при гололеде. Кроме того, при соответствующих значениях уклонов может значительно уменьшаться расстояние видимости, расчетные значения

которой нормируются для поверхности дороги в пределах от 75 до 250 м, встречного автомобиля – от 150 до 350 м (рисунок 3.2).

Боковая видимость обеспечивается на расстоянии 25 м для дорог I и III категорий и 15 м для IV – V.

Поперечный профиль дороги характеризует его конструкцию, размеры элементов и другие технические параметры, имеющие важное значение для безопасности движения. Поперечный профиль – это разрез дороги плоскостью, перпендикулярной ее продольной оси

Для безопасности транспортных работ важнейшим элементом дороги являются: проезжая часть, разделительная полоса, обочины.

Геометрические размеры этих элементов установлены для каждой категории дорог СНиПом. При расчете размеров элементов дороги исходят из условий обеспечения безопасной скорости движения и стоимости дороги. Поэтому ширина проезжей части дороги должна быть не менее 4,5 м (V категория), а I категории 15 м и более в зависимости от числа полос движения, имеющих ширину 3,75 м.

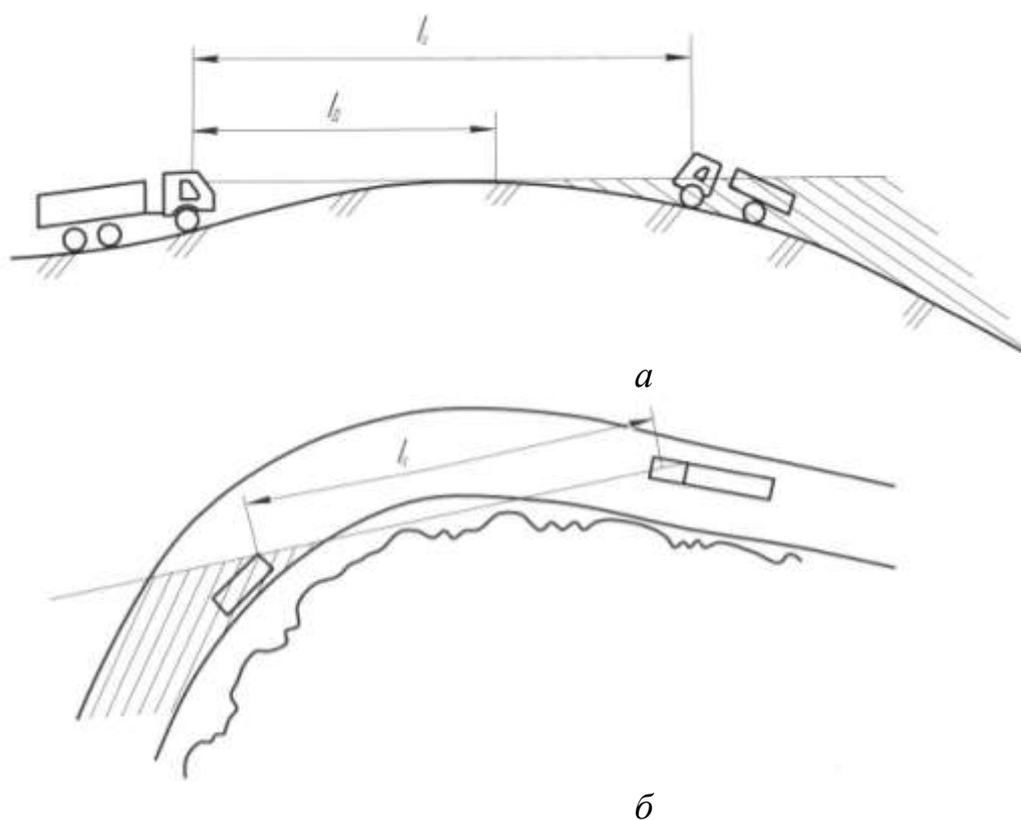


Рисунок 3.2 – Видимость:

a – на переломе продольного профиля; $б$ – в плане дороги;
 l_a – видимость автомобиля; l_d – видимость дороги

Разделительная полоса предусматривается только у дорог I категории и ее ширина составляет не менее 5 м. Этот элемент дороги существенно повышает безопасность движения за счет исключения встречных столкновений, ослепления.

Обочина – необходимый для обеспечения безопасности движения элемент дороги. Обеспечивает устойчивость автомобиля при случайном съезде колеса с проезжей части и используется для остановки автомобиля, установки знаков, ограждений, материалов для ремонта и др.

Современные параметры дороги требуют, чтобы обочины со стороны проезжей части имели укрепленные полосы шириной от 0,75 до 0,5 м в зависимости от категории, выполненные из материалов (цементобетон, асфальтобетон, черный щебень), применяемых для покрытия проезжей части. Ширина обочин составляет от 1,75 до 3,75 м в зависимости от категории дороги.

Главным конструктивным элементом дороги является ее проезжая часть, имеющая различные типы покрытий. Наибольшее распространение получили покрытия, выполненные из цементобетона, асфальтобетона, черного щебеночного покрытия.

Устойчивость конструктивных элементов дороги зависит от погодноклиматических условий района ее проложения. Наиболее подвержены воздействию воды грунтовые дороги, а также плохо уплотненные щебеночные и гравийные покрытия, несущая способность которых резко уменьшается при их переувлажнении. Дороги I – III категории должны обеспечивать проезд в любое время года.

Состояние дороги характеризуется комплексом показателей, от которых зависит эффективность работы и безопасность автомобильного транспорта: шероховатостью дорожного покрытия, ровностью, скользкостью, видимостью на дороге.

3.1.1. Дороги для перевозки грузов тракторным транспортом

При нормировании тракторных транспортных работ, сельскохозяйственные дороги в этом случае подразделяют на три группы:

1. Обычные грунтовые дороги, сухие в хорошем состоянии, снежные укатанные дороги и дороги с твердым покрытием (асфальтные, асфальтобетонные).

2. Гравийные и щебенчатые (разбитые), грунтовые, проселочные, песчаные, разбитые после дождя (мокрые), слегка оттаивающие после оттепелей, с рыхлым снежным покровом, дороги по стерне зерновых, поле после корнеклубнеплодов в сухую погоду;

3. Разбитые дороги с глубокой колеей, оттаивающая или просыхающая снежная целина (при перевозке санями), бездорожье в весеннюю или осеннюю распутицу, гребнистая снежная целина, пашня нормальной влажности или замерзшая после уборки корнеклубнеплодов (переувлажненная).

3.1.2. Инженерное обустройство дорог

Инженерное обустройство дорог – это комплекс средств,

обеспечивающих организацию и безопасность движения: дорожные знаки, дорожная разметка, ограждения, направляющие столбики, освещение дорог, места стоянки; транспорта и отдыха пассажиров, посадочные площадки, средства связи и другие. Дорожные знаки и дорожная разметка относятся к наиболее важным средствам обустройства дорог с позиции обеспечения водителей необходимой информацией по безопасности движения.

Дорожные знаки – распространенное и эффективное средство регулирования дорожного движения, позволяющее оперативно реагировать на изменение дорожных условий, интенсивность движения транспорта, пешеходов и т. д. Водители, незнакомые с дорогой, с помощью знаков получают необходимую информацию о дорожных условиях, расположении различных объектов и т. п. Поэтому необоснованность установки дорожных знаков или их отсутствие могут привести к аварийным ситуациям.

Автомобильные дороги, а также улицы и дороги городов и других населенных пунктов необходимо оборудовать дорожными знаками, изготовленными по ГОСТ 1080-78 и размещенными по ГОСТ 23457-86 в соответствии с утвержденной в установленном порядке дислокацией. Поверхность знаков должна быть чистой, без повреждений, затрудняющих их восприятие.

Для дорожных знаков со световозвращающей поверхностью в процессе их эксплуатации допускается снижение удельного коэффициента силы света (кд·лк·м²) до: 35 – для белого цвета, 20 – желтого, 6 – красного, 4 – зеленого, 2 – синего. Средняя яркость элементов изображения дорожных знаков с внутренним освещением (кд·м²) не должна быть меньше 90 – для белого и желтого цветов, 20 – зеленого, 10 – красного, 5 – для синего. Яркость элементов черного цвета не должна превышать 4 кд·м².

Замену или восстановление поврежденных дорожных знаков (кроме знаков приоритета 2.1 – 2.7) следует осуществлять в течение 3 суток после обнаружения дефектов, а знаков приоритета – в течение суток. Временно установленные знаки снимают в течение суток после устранения причин, вызвавших необходимость их установки.

Видимость знаков оценивают с проезжей части по полосе встречного движения на расстоянии 100...250 м вне населенных пунктов и 50 ... 100 м в населенных пунктах. При этом окружающий фон не должен отвлекать внимание водителя от знака, а растительность не закрывать его. Фары автомобиля должны освещать знак в ночное время. Видимость знаков, отстоящих более чем на 5 м от кромки проезжей части, знаков, установленных в пределах кривых в плане или на переломах продольного профиля, на откосах выемок, должна быть четкой.

Требуемое расстояние видимости знаков в темное время суток составляет не менее 150 м. Знаки по отношению к дороге устанавливаются так, чтобы в ночное время свет фар проходящих автомобилей отражался навстречу движению.

Дорожная разметка (горизонтальная и вертикальная) – это линии, надписи и другие обозначения на проезжей части, бордюрах, элементах

дорожных сооружений. Линии разметки, нанесенные на проезжую часть улиц или дорог, организуя и направляя движение транспорта и пешеходов, существенно облегчают восприятие водителем дорожной ситуации и тем самым повышают безопасность движения. Разметка проезжей части способствует снижению аварийности на 18 ... 20 %.

Разметку автомобильных дорог, а также улиц и дорог городов и других населенных пунктов следует выполнять по ГОСТ 13508-74 и наносить в соответствии с ГОСТ 23457-86 и утвержденными схемами.

Дорожная разметка в процессе эксплуатации должна быть хорошо различима в любое время суток (при условии отсутствия снега на покрытии), ее необходимо восстанавливать, если в процессе эксплуатации износ по площади (для продольной разметки измеряется на участке протяженностью 50 м) составляет более 50% при выполнении ее краской и более 25% – термопластичными массами.

Восстановление разметки следует проводить в соответствии с действующей технологией. Коэффициент сцепления разметки принимается не менее 0,75 значений коэффициента сцепления покрытия.

Светотехнические параметры дорожной разметки в процессе эксплуатации должны отвечать следующим требованиям:

– коэффициент яркости – не менее значений, приведенных в таблице 3.3.

– коэффициент силы света (мкд Ч лк.-1 Ч м²) разметки, выполненной из световозвращающих материалов, должен быть не менее; 80 – для белого цвета, 48 – желтого.

Таблица 3.3 – Коэффициент яркости разметки, %

Цвет	Разметка из обычных лакокрасочных и термопластичных материалов	Разметка из лакокрасочных и термопластичных материалов со светоотражающими свойствами
Белый	48	28
Желтый	29	21

Светофорное регулирование. Светофоры являются одним из наиболее эффективных средств организации движения на перекрестках, где имеет место взаимодействие конфликтующих транспортных и (или) пешеходных потоков. Сигналы светофоров информируют участников движения о разрешении или запрещении движения на пересечении или участке дороги. Светофоры должны соответствовать требованиям ГОСТ 25695-78, а их размещение и режим работы – требованиям ГОСТ 23457-86.

Отдельные детали светофора либо элементы его крепления не должны иметь видимых повреждений и разрушений, а рассеиватель – трещин и сколов. Символы, наносимые на рассеиватели, должны распознаваться с

расстояния не менее 50 м.

Отражатель не должен иметь разрушений и коррозии, вызывающих появление зон пониженной яркости, различимых с расстояния 50 м.

В процессе эксплуатации допускается снижение силы света сигнала светофора в осевом направлении не более чем на 30 % значений, установленных по ГОСТ 25695-78.

Вышедший из строя источник света заменяется в течение суток с момента обнаружения неисправности, а повреждения электропроводки в корпусе светофора или электрического кабеля – в течение 3 суток.

Более высокий уровень управления дорожным движением обеспечивается введением автоматизированных систем управления, которые применяются с целью снижения суммарных задержек транспортных средств на пересечениях во всей зоне действия этой системы (район, город). Принцип действия автоматизированной системы управления дорожным движением заключается в следующем. Перекрестки оснащаются системами сбора информации, включающими транспортные детекторы и телевизионные камеры. Автоматизированные системы регистрируют параметры транспортных потоков (интенсивность, скорость, задержки на пересекающихся направлениях, длину очереди перед светофором). Эта информация передается в центральный вычислительный комплекс, где происходит ее анализ и выбор программы светофорного регулирования для каждого перекрестка. Причем расчет осуществляется таким образом, чтобы суммарные задержки для всей системы были минимальны. На основании расчета вычислительный комплекс вырабатывает соответствующую команду, которая по линии связи передается в исполнительные устройства (контроллеры, сервомеханизмы), меняющие режимы регулирования светофоров или (и) символы дорожных знаков. Изменение режима регулирования приводит к изменению параметров транспортных потоков, что регистрируется в вычислительном комплексе и т. д.

Улучшение условий зрительного восприятия. Значительное число ДТП в темное время суток объясняется резким ухудшением условий зрительных восприятий объектов информации в дорожном движении. Для улучшения условия восприятия в темное время:

- устраивают искусственное освещение;
- обустривают дороги направляющими столбиками, оборудованными светоотражающими устройствами (оптическое ориентирование водителей);
- устанавливают дорожные знаки с рефлектирующей поверхностью или освещаемые;
- применяют вертикальную разметку со светоотражающими элементами;
- делают дорожную разметку из светоотражающей краски с рефлектирующими элементами;
- маркируют осевую линию, укладывают световые краевые полосы;
- укладывают световые дорожные покрытия;

– взаимно удаляют встречные транспортные потоки или организуют одностороннее движение;

– устанавливают противоослепительные экранирующие устройства на разделительной полосе;

– обеспечивают действенный контроль на дорогах за техническим состоянием и правильностью регулировки систем освещения и сигнализации транспортных средств.

В соответствии с ГОСТ 25695-78 наружные осветительные установки включают в вечерние сумерки при снижении естественной освещенности до 20 лк, а отключают – в утренние сумерки при естественной освещенности до 10 лк.

Переключение освещения транспортных тоннелей с дневного на ночной режим и обратно следует проводить при достижении естественной освещенности 100 лк. Доля действующих светильников, работающих в вечернем и ночном режимах, должна составлять не менее 95%. При этом не допускается расположение неработающих светильников подряд, одного за другим.

Допускается частичное (до 50%) отключение наружного освещения в ночное время в случае, когда интенсивность движения пешеходов менее 40 чел./ч и транспортных средств в обоих направлениях – менее 50 ед./ч.

Сигнальные столбики и маяки следует устанавливать в соответствии с требованиями ГОСТ 23457-86, они не должны иметь видимых разрушений и деформаций и должны быть отчетливо видны в светлое время суток с расстояния не менее 100 м. Их окраска, вертикальная разметка и световозвращатели выполняются в соответствии с требованиями ГОСТ 13508-74.

Поврежденные сигнальные столбики заменяют в течение 5 суток после обнаружения повреждений, а вышедший из строя источник света или поврежденный элемент маяка – в течение суток с момента обнаружения неисправности.

Опасные для движения участки автомобильных дорог, улиц и дорог городов и других населенных пунктов, в том числе проходящие по мостам и путепроводам, оборудуются ограждениями в соответствии с ГОСТ 25804, ГОСТ 23457-76, СНиП 2.05.02 и СНиП 2.05.03.

Ограждения должны быть окрашены в соответствии с ГОСТ 13508-74. Не требуют окраски оцинкованные поверхности ограждений. Поврежденные элементы ограждений подлежат восстановлению или замене в течение 5 суток после обнаружения дефектов.

Не допускаются к эксплуатации железобетонные стойки и балки ограждений с раскрытой сеткой трещин, сколами бетона до арматуры, а деревянные и металлические стойки и балки – с механическими повреждениями или уменьшенным расчетным поперечным сечением.

Отдельные бортовые камни подлежат замене, если их открытая поверхность имеет разрушения более чем на 20 % площади или на поверхности имеются сколы глубиной более 3,0 см. Не допускается

отклонение бортового камня от его проектного положения.

Остановки автобусов и стоянки транспортных средств представляют определенную опасность для водителей, так как в этих местах из-за скопления пешеходов, снижения скорости движения ТС и других факторов возможны ДТП, в том числе наезды на пешеходов. Водителям транспортных средств, приближающихся к местам остановки и стоянки, необходимо особенно внимательно следить за транспортными средствами в зоне видимости, ожидая замедления их движения, маневрирования или внезапного выезда на полосу движения, а также учитывать возможность внезапного появления людей в полосе движения. Для повышения безопасности движения на автобусных остановках применяют переходно-скоростные полосы, площадки для остановки и посадочные площадки для пассажиров. Остановки устраивают на прямых горизонтальных участках улиц и дорог. Допускается устройство остановок на спусках с уклоном не более 20%. На подъемах остановки размещаются только на вершинах с обязательным устройством уширения, перед подъемами не ближе 250 м от их начала. Остановки допускаются на кривых в плане при радиусе не менее 1000 м. Принципы размещения, планировки и размеры автобусных остановок принимают согласно требованию СНиП ПД.5-72.

Стоянки для отдыха. На автомобильных дорогах должны предусматриваться стоянки для отдыха водителей и ухода за автомобилями. Стоянки для грузовых автомобилей, осуществляющих дальние перевозки. Устраивают через 30 ... 50 км. Их обычно располагают у водоема, леса, на ровных участках местности и оборудуют подъездами, выездами, туалетом, питьевой водой, освещением. Крупные стоянки имеют пункты общественного питания и другие. Площадь стоянки зависит от числа машиномест, проездов, проходов. Минимальное удаление, стоянок от кромки проезжей части основной дороги – не менее 2,7 м.

В задачи дорожно-эксплуатационных органов входят строительство и содержание отдельно стоящих эстакад и полуэстакад, их устраивают через 30 ... 60 км пути, а также площадок для регулирования фар – через 90 ... 120 км в зоне мест кратковременного отдыха.

Важным средством инженерного обустройства дорог является установка телефонной связи. Телефонная связь с расстоянием между аппаратами 2 ... 6 км обеспечивает своевременную медицинскую и техническую помощь пострадавшим в ДТП.

3.1.3. Методика оценки состояния дорог

В настоящее время существует несколько методов измерений неровностей дорожного покрытия: с помощью универсальной рейки с клиновым промерником; нивелиром и нивелирной рейкой; с применением

Автомобильной установки ПКРС – 2. Измерения проводятся на основании требований ГОСТ 30412 – 96.

Все применяемые технические средства контроля должны быть

аттестованы в соответствии с ГОСТ 24555.

Наиболее частое применение нашел метод оценки состояния дорог с использованием универсальной рейки «РДУ – Кондор» – трехметровая, складная, предназначена для:

- измерения неровностей покрытий и оснований автомобильных дорог по ГОСТ30412 – 96 п.4;

- определение продольных и поперечных уклонов проезжей части при строительстве и приемке законченных объектов автодорог;

- определение крутизны откосов грунтовых насыпей, выемок и кюветов;

- для линейных промеров проезжей части и замеров толщины слоев дорожной одежды.

Рейка «РДУ – Кондор» может применяться при строительстве (ремонте) и эксплуатации автомобильных дорог, службой ГИБДД при исследовании ДТП (рисунок 3.3).

Длину участка измерений следует принимать в пределах до 400 м. Работа по отдельным видам измерений осуществляется в следующей последовательности.

1. При измерении продольных и поперечных уклонов поверхности земляного полотна или покрытия, рейка укладывается либо по оси дороги, либо перпендикулярно ей, соответственно, в сторону уклона на поверхности проезжей части или обочины. Затем вращением винта измерительной головки (2) приводят ампулу (3) в горизонтальное положение, фиксируемое по центральному положению пузырька в ампуле уровня и по шкале лимба головки определяют размер уклона.

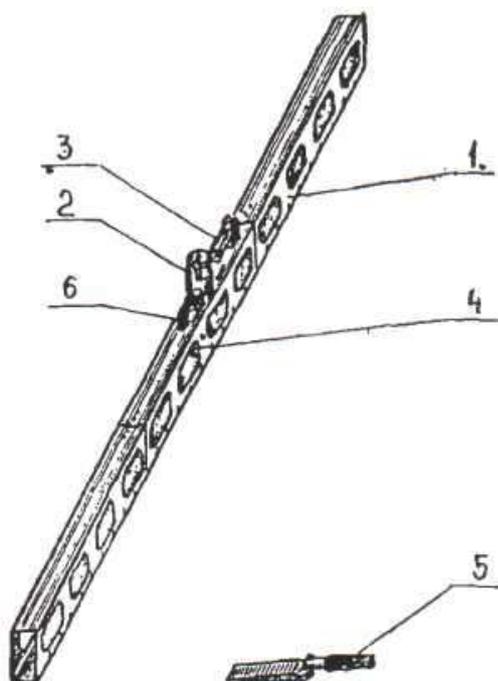


Рисунок 3.3 – Рейка» РДУ – Кондор»:

1 – корпус; 2 – головка с лимбом; 3 – уровень;

4 – балансир–эклиметр; 5 – клиновой промерник; 6 – ручка

2. При контроле геометрических параметров (ширины проезжей части, обочин и пр.) рейка устанавливается в направлении измеряемой поверхности, а втечет ведется по нижней шкале корпуса рейки (1).

3. При определении крутизны откосов насыпи, выемки, кювета - рейку устанавливают непосредственно на откос перпендикулярно обрезу бровки откоса и по шкале балансира – эклиметра (4), находят коэффициент заложения откоса в пределах от 1:1 до 1: 3. При замерах крутизны откоса рейка может использоваться в собранном для транспортировки состоянии.

4. Ровность покрытия и толщина конструктивных слоев дорожной одежды определяются с помощью клина-промерника (5):

В первом случае, после установки рейки на контролируемой поверхности, вводят промеры просветов под рейкой в пяти фиксированных точках, расположенных на расстоянии 50 см от торцов рейки и далее через 50 см между ними по направлению к середине рейки. Клин – промерник помещается последовательно под рейкой на каждой точке и по цифрам, нанесенным на промернике устанавливается величина просвета. Для оценки ровности на одном поперечнике проводится три промера, установкой рейки на расстоянии от 0,5 до 1 м от левой и правой кромок покрытия. Для измерения толщины конструктивных слоев дорожной одежды пользуются тем же клином и шкалой, расположенной на нижней части шаблона. Оценка ровности устанавливается по таблице 3.4.

Таблица 3.4 – Оценка ровности полотна дороги

Оценка	Просветы		
	до 2 мм, % не менее	более 5 мм, % не более	Наибольший, мм
Отлично	95	1	7
Хорошо	90	2	8
Удовлетворительно	80	3	10

3.1.4. Методика оценки состояния внутрихозяйственных дорог сельскохозяйственных предприятий

Для сельскохозяйственных предприятий наиболее простой и приемлемой методикой оценки состояния внутрихозяйственных дорог является, следующая:

а) измерение уклона дороги

Уклон может быть измерен любым известным способом и

инструментом, но наиболее простым из них является эклиметр. Эклиметр состоит из деревянной планки 2, стойки 3. На нижней части планки закреплен угломер 1, представляющий собой транспортир (ГОСТ 427-75) с отвесом 4, а на верхней части планки 2 установлен визир 5. Чтобы определить величину уклона необходимо установить стойку АВ и планку 2 так как показано на рисунке 3.4. В точке Б на уклоне дороги следует поставить деревянную вешку БГ на расстоянии видимости точки Г диаметром 30 мм белого цвета. Измерения следует повторить от 3 до 5 раз в сечениях по всей длине склона

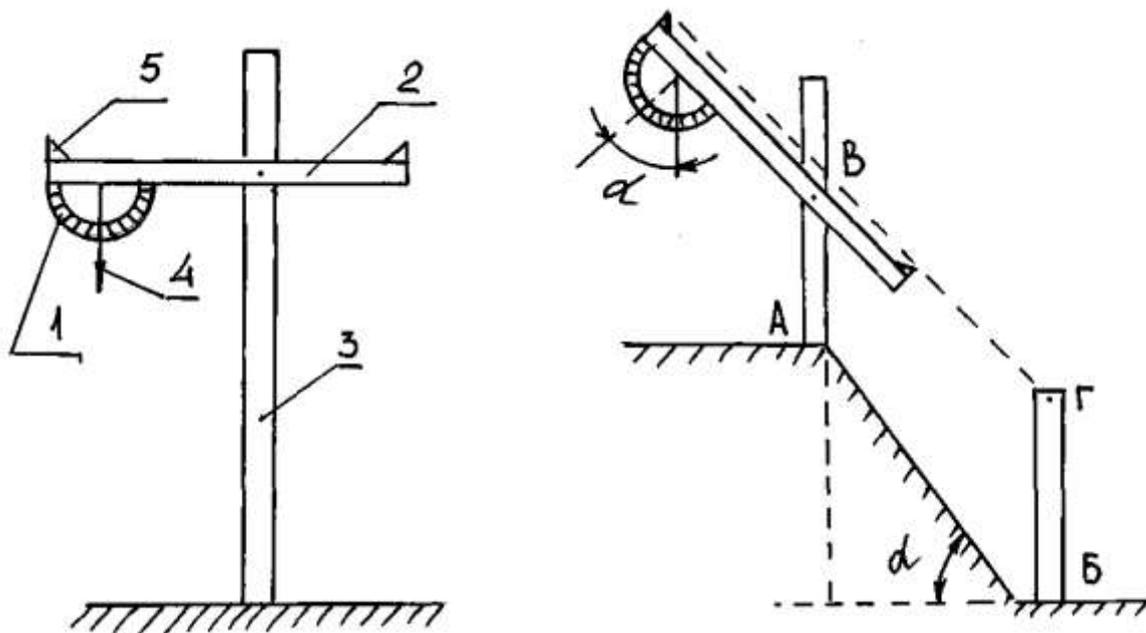


Рисунок 3.4 – Схема измерения уклона дороги эклиметром:
 1 – угломер; 2 – планка деревянная размером 1000 × 30 × 30;
 3 – стойка деревянная размером 1500 × 40 × 40; 4 – отвес; 5 – прицел.

. В журнал следует записывать наибольшее значение уклона в градусах. В дальнейшем измеренное значение угла следует сравнить с допустимыми значениями угла подъема преодолеваемого транспортным средством, и сделать заключение о целесообразности безопасного проезда;

б) измерение ширины дороги.

Ширина дороги может быть измерена рулеткой, длиной от 10 м до 20 м. Измерения можно проводить на тех участках дороги, где имеются ограничения ширины проезжей части, заболоченные участки, дороги проходящие через лес, по склону оврагов, в углублениях рельефа местности и других местах, представляющих опасность для движения транспортных средств;

в) измерение глубины колеи.

Глубина колеи может быть измерена глубиномером, состоящим из

металлической линейки (ГОСТ 427-75) с пределом измерений до 1000 мм и деревянной планки размером 1500*30*30. При измерении планку следует наложить на дорогу в поперечном сечении, а затем линейкой измерить высоту просвета между дном колеи и нижней точкой планки (рисунок 3.5);

г) обследование дороги.

Дорога может быть обследована визуально при обходе или проезде на автомобиле с малой скоростью. При обходе должно быть определено состояние дороги, обочины откосов, водоотводов, запас обочины дороги у кромки оврага или другого опасного места, наличие вспучиваний, состояние бродов, исправность мостов и переправ;

д) измерение длины дороги.

Длина дорог может быть измерена по карте землепользования, на пример курвиметром или линейкой. Для получения длины необходимо полученную величину умножить на масштаб карты. Также длина дороги может быть измерена спидометром автомобиля, с учетом погрешности прибора.

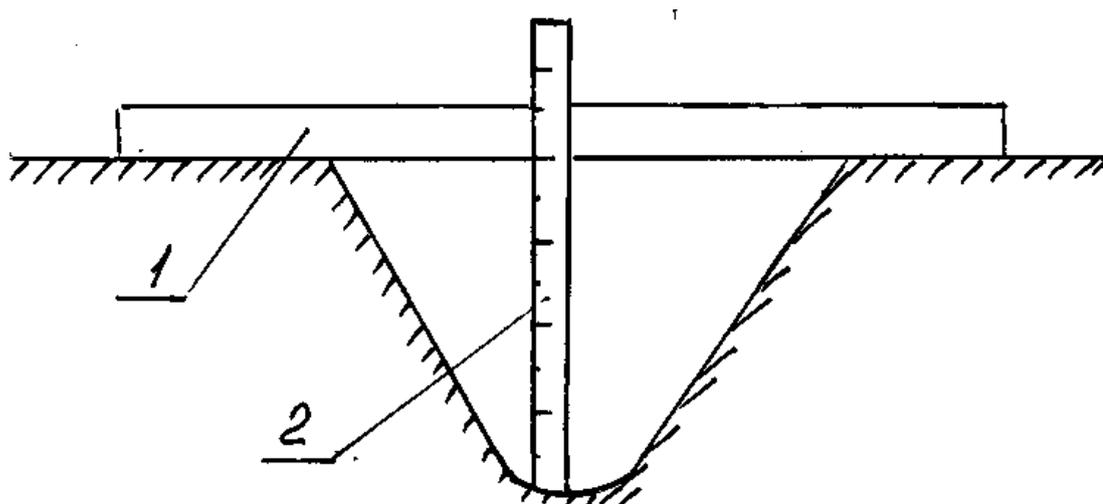


Рисунок 3.5 – Схема измерения глубины колеи дороги:
1 – планка, 2 – линейка.

Следующим этапом разработки схемы маршрутов движения должен быть сбор сведений о технических характеристиках транспортных средств имеющих на балансе предприятия, для чего необходимо иметь техническое описание и инструкции по эксплуатации транспортных средств и другую справочную литературу.

Из технических характеристик следует выбирать числовые значения дорожного просвета (клиренс), ширины колеи, ширины навесных и прицепных сельскохозяйственных машин, угол подъема, преодолеваемого транспортными средствами в полном снаряжении, длины транспортного средства, в том числе и

в составе агрегата. Затем необходимо выявить соответствие эксплуатационных характеристик дорог техническим характеристикам транспортных средств. После этого с карты землепользования снять копию схематичного расположения полей, дорог, поселков, производственных объектов стрелками указать на ней направление движения подвижного состава по дорогам, эксплуатационные характеристики которых приведены в безопасное состояние и соответствуют техническим характеристикам транспортных средств.

Подготовленную схему маршрутов движения необходимо представить на утверждение руководителю сельскохозяйственного предприятия. После утверждения схемы изготовить планшеты с картами, которые вывешиваются на машинном дворе, на территории гаража, в кабинете или классе по охране труда.

Завершается работа изданием приказа о проведении инструктажей с операторами транспортных средств.

Оценка внутрихозяйственных дорог проводится с целью получить исходные данные о техническом состоянии дорог. Эти данные используются при разработки схемы маршрутов движения транспортных средств на территории сельскохозяйственного предприятия.

3.1.5. Перспективное оборудование для дорожных работ

1. Рейка дорожная универсальная. Рейка предназначена для измерения поперечных и продольных уклонов дорожных покрытий и обочин, неровностей оснований и покрытий автомобильных дорог и аэродромов по ГОСТ 30412, определения крутизны заложения откосов, насыпей и выемок (рисунок 3.6).



Рисунок 3.6 – Рейка КП – 231

Измерение уклонов путем установки пузырькового уровня в нулевое положение со снятием показаний шкалы измерителя по ГОСТ 11196-74. Замеры неровностей покрытия производятся клином-измерителем в соответствии с ГОСТ 30412-96. Определение коэффициента заложения

откосов земляного полотна осуществляется по самоустанавливающейся шкале эклиметра.

Выпускается четыре модификации: разборная в чехле КП-231 (9,2 кг); КП-231-03; неразборная КП – 231 – 01 (7,0

Технические характеристики:

Длина в рабочем положении, м..... $3 \pm 0,002$

Ширина опорной полки, мм..... 50

Измерение продольных и поперечных уклонов, не менее, %.

.....от минут 57 до плюс 120

Измерение крутизны заложения откосов.....от 0 до 1:1

Измерение неровностей (просвет под рейкой) покрытия дороги, мм от 0 до 16

2. **Устройство для контроля геометрических параметров автодорог КП-232.** Устройство предназначено для контроля ровности, определения радиусов кривых в плане, измерения поперечных и продольных уклонов дорожных оснований и покрытий, обочин и поверхностей земляного полотна, насыпей и выемок для определения коэффициента заложения откосов земляного полотна (рисунок 3.7).



Рисунок 3.7 – Устройство контроля КП – 232

Удобство в эксплуатации. Компактность при транспортировке и хранении. Возможность использования измерительных устройств как в комплексе, так и в отдельности. Простота сборки.

Технические характеристики:

Измерение продольных и поперечных уклонов покрытия автодорог	от минус 57 до плюс 120 ‰
Измерение коэффициентов заложения откосов насыпей земполотна	от 0 до 1:1
Измерение ровности (просвет под рейкой) покрытия дороги	от 0 до 16 мм
Измерение расстояний, м.....	от 0 до 999.9
Масса, кг.....	20

3.2. Воздействие автомобильных дорог на окружающую среду

Автомобильная дорога – комплекс сооружений и устройств, который обеспечивает движение автотранспортных потоков. Сооружение и эксплуатация автомобильных дорог связаны с серьезными вредными воздействиями на окружающую среду. Эти воздействия имеют комплексный характер, как от АТП, так и от элементов инфраструктуры автомобильной дороги, связанный с природными экосистемами и близлежащей жилой застройкой. Перечень техногенных воздействий автомобильных дорог приведен на рисунке 3.8.



Рисунок 3.8 – Техногенные воздействия автомобильной дороги на ОС

Это воздействие на атмосферу – акустическое загрязнение, запыленность, загрязнение вредными веществами (ВВ), химическое загрязнение и электромагнитные поля; загрязнение гидросферы – сточные воды, и, наконец, литосферы – вредные вибрации и загрязнение ВВ.

К основным видам воздействия автомобильных дорог на окружающую среду (ОС) следует отнести:

▶ нарушение экосистем и территорий (изменение ландшафтов, изменение гидрологического режима территорий, нарушение почв, изменение естественных ареалов распространения растительности и обитания диких животных, уничтожение биоты);

▶ загрязнение окружающей среды во всех трех средах обитания (атмосфере, гидросфере и литосфере).

Наиболее интенсивные и разнообразные воздействия дорога оказывает на атмосферу. В числе основных факторов загрязнения окружающей среды здесь следует отметить:

▶ вредные химические вещества - продукты выхлопа отработавших газов автомобилей (диоксид азота, оксид и диоксид углерода, диоксид серы, углеводороды, бенз(а)пирен и другие);

▶ пыль – твердые частицы (продукт стирания шин и перевозимых грузов) и сажа (продукт выхлопа дизельных двигателей);

▶ физические поля (акустическое, инфразвуковое и электромагнитное).

Характер и интенсивность этих воздействий зависят от интенсивности, скорости движения и состава транспортного потока, рядности движения и пр. Учитывая разнообразный характер этих факторов, универсальным показателем, указывающим на опасность вредного воздействия на ОС, является предельное расстояние, на котором рассматриваемый фактор находится в пределах предельно допустимых уровней (ПДУ) или предельно допустимых концентраций (ПДК). Это расстояние можно условно назвать санитарно – защитной зоной (СЗЗ) по рассматриваемому фактору. В качестве примера воздействия в таблице 3.5 приведены расчетные значения воздействий на атмосферу для 8 – полосного движения с ориентировочной скоростью 100 км/ч. Эти расчеты были выполнены при проектировании восточного полукольца автодороги вокруг С – Петербурга.

Таблице 3.5 – Воздействие вредных факторов дороги на атмосферу

Вредный фактор	Нормируемая характеристика	СЗЗ, м
Вредные вещества, например диоксид азота	ПДК, мг/мм ³	30...60
Пыль, сажа	ПДК	20...30
Повышенный шум	ПД, дБА	600...1000

Электромагнитные поля (от линии электроосвещения)		20...30
Инфразвук	ПДУ, дБ	40...70

Таким образом, основным фактором, обеспечивающим наибольшую ширину зоны сверхнормативного воздействия, является акустическое загрязнение – повышенный шум, который распространяется с превышением в 10 раз и более на большие расстояния, чем другие вредные факторы.

Воздействие на гидросферу выражается в сбросах неочищенных ливневых стоков с поверхности в канализацию или водоемы. Уровни этого загрязнения могут составлять 2...3 ПДК в воде.

Воздействие на литосферу характеризуется загрязнением тяжелыми металлами (особенно свинцом), вредными химическими веществами, применяемыми при тех или иных технологических процессах (например, соль), нефтепродуктами и эксплуатационными жидкостями и, наконец, воздействием вибрации (таблица 3.6).

Таблица 3.6 – Воздействие вредных факторов дороги на литосферу

Вредный фактор	Нормируемая характеристика	СЗЗ, м
Вибрация	ПДУ, дБ	35...60
Свинец	ПДК, мг/мм ³	20...30

Анализируя данные приведенные в таблице 3.4 и 3.5, можно утверждать, что основные вредные факторы затухают до ПДУ и ПДК на расстояниях 20...70 м, преобладающим является шум, распространение которого с превышением ПДУ отмечается на расстояниях в десятки раз больших, чем для других факторов. Это объясняется двумя основными причинами:

- ▶ очень высокими уровнями шума, генерируемыми транспортными потоками с высокоинтенсивным движением;

- ▶ весьма специфичными особенностями затухания звука в атмосфере, в особенности от транспортных магистралей (здесь транспортный поток должен рассматриваться как линейный источник цилиндрических звуковых волн, что предполагает на расстояниях до нескольких сот метров наличие затухания всего 3 дБА при удвоении расстояния, например с 10 до 20 м или со 100 до 200 м и т.д.).

Интенсивность шума в жилой застройке зависит от:

- ▶ скорости транспортного потока (увеличивается на 6...7 дБА при каждом удвоении скорости движения);

- ▶ состава транспортного потока (может различаться до 10 дБА в

зависимости от наличия и числа грузовых автомобилей);

- ▶ состояния покрытия (увеличивается от 2...3 до 7...8 дБА, например, при дожде);

- ▶ состояния поверхности между дорогой и жилой застройкой (здесь разница может достигать 6...8 дБА);

- ▶ наличия зеленых насаждений (их эффективность для целей шумоглушения в литературе часто преувеличена и на самом деле не превышает 8... 10 дБА при ширине зеленых насаждений порядка 20м);

- ▶ расстояния от транспортной магистрали до жилой застройки.

Расчеты и измерения показывают, что на расстоянии 7,5 м от транспортной магистрали ожидаемые уровни звука могут достигать 80...85 дБА (при норме в дневное время 55 дБА, ночное – 45 дБА).

3.2.1. Воздействие транспортного шума и вибраций

Понятия "шум" и "звук" неотделимы. Природа их одна и та же. Звук как физическое явление представляет собой волновое колебание упругой среды. Процесс распространения колебаний в упругой среде называют **звуковой волной**, а область среды, в которой происходит это распространение, **звуковым полем**. Как физиологическое явление звук определяется ощущением, воспринимаемым органом слуха при воздействии на него звуковых волн.

Под шумом понимают любого рода звуки, мешающие восприятию полезного сигнала, нарушающие тишину и оказывающие вредное влияние на организм человека, а точнее – это беспорядочное сочетание звуков различной частоты и интенсивности. Источниками звуков и шумов являются колеблющиеся твердые, жидкие и газообразные тела. Зная характеристику источника звука, можно определить параметры звукового поля. В свою очередь, характеристики источника звука могут быть определены через измеренные параметры звукового поля.

Вибрации машин и механизмов возникают под действием периодических или случайных возмущающих сил. Периодические вибрации возникают в случае, когда механический объект содержит вращающиеся или возвратно – поступательно движущиеся части. В двигателе внутреннего сгорания – это кривошипно – шатунный и газораспределительный механизмы, топливоподающая аппаратура и т.д. Вибрации двигателя возбуждают колебания всего автомобиля, конструкция которого содержит и другие возбудители периодических колебаний, например, элементы трансмиссии.

При движении по неровностям дороги возникают колебания автомобиля, не имеющие явной повторяемости. Такие вибрации носят название **случайных**.

Источник звука характеризуется звуковой мощностью, спектром звуковой мощности и коэффициентом направленности, а звуковое поле в любой его точке – звуковым давлением, скоростью звука и колебательной

скоростью частиц среды. Распространение звуковой волны сопровождается переносом энергии. К энергетическим показателям звукового поля относят интенсивность звука и плотность звуковой энергии. За основные единицы измерения перечисленных характеристик источника звука и звукового поля приняты:

P_w – звуковая мощность, **Вт**;

Ω – коэффициент направленности, характеризующий неравномерность излучения звука по направлениям;

P – звуковое давление, **Па**;

C – скорость звука, **м/с**;

V – колебательная скорость частиц среды, **м/с**;

I – интенсивность звука, **Вт/м²**;

E – плотность звуковой энергии, **Дж/м³**.

Интенсивность звука и звуковое давление изменяются в широких пределах: соответственно в 10^{14} и 10^7 раз. Оперировать на практике числами, лежащими в столь широком диапазоне, очень трудно. Поэтому введены относительные единицы – логарифмические уровни L . В качестве единицы измерения уровня принят один децибел (**дБ**).

Определение уровней акустического излучения производится на основании следующих выражений:

$L = 20 \lg P/P_0$ – уровень звукового давления, **дБ**;

$L_i = 10 \lg I/I_0$ – уровень интенсивности звука, **дБ**;

$L_p = 10 \lg P_w/P_{w0}$ – уровень звуковой мощности, **дБ**,

где P_p , I_0 и P_{w0} ~ пороговые значения соответственно звукового давления, интенсивности звука и звуковой мощности. 1

Для измерения общих уровней шума используются шумомеры, измерительные тракты которых укомплектованы измерительными микрофонами. С помощью анализаторов (фильтров), включенных последовательно в шумомер, определяется частотный состав шума. Характеристики измерительных трактов шумомеров стандартизированы, имеют соответствующие обозначения А, В, С, Д и используются при измерении сигналов различной интенсивности. Принятые условные обозначения уровней звука при этом – L_A , L_B , L_C , L_D , а единицы измерения соответственно – **дБА**, **дБВ** и т.д.

В зависимости от распределения уровней во времени шум подразделяется на *постоянные*, имеющие незначительные флуктуации (отклонения) уровня за период измерения, и *непостоянные* шумы, уровни которых значительно изменяются во время наблю-

Численные значения уровней непостоянного шума определяются шумомерами в комплекте с анализаторами статистического распределения. В зависимости от характера флуктуации шума оценка его уровня осуществляется двумя показателями: L_{10} , $L_{ЭКВ}$. Транспортный шум флуктуирует вполне определенным образом и характеризуется уровнем звука L_{10} , выраженным в **дБа**, т.е. таким уровнем, который превышает в течение 10,0% от полного времени измерения. Сильно флуктуирующие шумы,

которые возникают при взаимодействии различных по характеру источников звука (например, наложение на уличный шум авиационного, железнодорожного шума и др.), оценивается величиной $L_{ЭКВ}$ (дБА). Уровень $L_{ЭКВ}$ численно соответствует уровню эквивалентного источника постоянного шума, который излучает в окружающее пространство такое же количество звуковой энергии, как и источники сильно флуктуирующего шума за одно и то же время измер.

Шумомеры используются и для регистрации параметров вибрации. Для этого в измерительный тракт прибора вместо микрофона вводится вибродатчик со специальным согласующим устройством. Вибрации характеризуются следующими основными показателями: f_c – среднегеометрической частотой, Гц; S – виброперемещением, м; V – виброскоростью, м/с; a – виброускорением, м/с²; L_v – уровнем виброскорости, дБ; L_a – уровнем виброускорения, дБ.

В качестве нормируемых параметров вибраций, определяющих ее воздействие на человека, применяют среднеквадратичные значения виброскорости V_e и ее уровню $L_{ve} = 20 \lg V_e/V_0$, дБ, где V_0 – пороговое значение виброскорости.

Действие шума на организм человека может проявляться по следующим трем основным направлениям:

- воздействовать на орган слуха;
- воздействовать на функции отдельных органов и систем (сердечно-сосудистую, пищеварительную, эндокринную, мышечную, вестибулярный аппарат и т.д);
- воздействовать на организм в целом (в частности на высшую нервную деятельность и вегетативные системы).

Раздражающее действие шума неодинаково и зависит от его физических характеристик. В связи с этим шумы подразделяют:

- по спектральному составу - на неслышимые инфразвуковые (от 2 до 20 Гц), на низкочастотные – (от 20 до 300 Гц), на средне- частотные – (от 300 до 800 Гц), на высокочастотные – (от 800 Гц и выше);
- по уровням интенсивности - до 40 дБ (порог чувствительности), от 40 до 90 и от 90 до 130 дБ (порог болевого ощущения).

В зависимости от уровня, частоты и времени воздействия шум может вызвать мгновенную глухоту или повреждение органа слуха; снизить чувствительность слуха на ограниченное время; привести к резкому и стабильному снижению чувствительности слуха к звукам определенных частот.

Шум большой интенсивности вызывает резонанс в полукружных каналах внутреннего уха – органах равновесия, что приводит к головокружению и тошноте. Акустическим возбуждением с определенной частотой и амплитудой можно остановить пульсацию сердца. Интенсивный низкочастотный шум затрудняет дыхание. Звуки средних частот возбуждают колебания в лицевых и черепных костях, и в результате утрачивается ясность мысли, нарушается координация движений конечностей, возникают

психологические отклонения, характерными признаками которых являются раздражительность, вспыльчивость, депрессия и т.д. Инфразвук и низкочастотный слышимый звук возбуждают резонансы во внутренних органах, включая сердце и легкие.

Шум нарушает связь, снижает разборчивость речи, затрудняет восприятие полезных сигналов, что, помимо психических раздражений, приводят к несчастным случаям, мешает полноценному отдыху, расстраивает сон. Под действием шума в сочетании с другими неблагоприятными факторами (напряженный характер трудовой деятельности, вибрации, нервно – эмоциональная нагрузка и т.д.) обнаруживаются резкие сдвиги биоэлектрической активности коры головного мозга, нарушается механизм регуляции биосинтеза ферментов в крови, развивается язвенная болезнь.

В городе человек находится в условиях постоянного звукового дискомфорта. В результате житель современного города теряет остроту слуха к 25 годам (в сельской местности в 60 – 70 лет).

В последние годы все большее внимание уделяется изучению действия инфразвука. Особенно опасен инфразвук для водителей транспортных средств. Его влияние на организм сравнивают с воздействием наркотиков. Человека начинает клонить ко сну, ухудшается зрение, резко замедляются реакции, могут возникнуть галлюцинации и состояние эйфории (перевозбуждение), в результате которой человек теряет контроль над собой.

Вибрации подразделяются:

1. По способу воздействия – на **общую**, передающуюся через опорные поверхности на тело сидящего или стоящего человека, и на **локальную**, воздействующую на отдельные участки тела;

2. По направлению воздействия – в случае общей вибрации по осям X, Y, Z (где Z – вертикальная ось, а X и Y – горизонтальные оси), а в случае локальной – по оси X_p , совпадающей с осью мест обхвата рулевого колеса.

В свою очередь общая вибрация подразделяется на:

– транспортную, возникающую при движении транспортного средства;

– транспортно – техническую, возникающую при работе транспортных погрузочно-разгрузочных и дорожных машин и механизмов;

– технологическую, возникающую при работе стационарных машин, или передающуюся на рабочие места, не имеющие источников вибрации.

Общая вертикальная вибрация вызывает многочисленные функциональные изменения в организме человека и характеризуется:

– состоянием основных нервных процессов в центральной нервной системе (возбуждения и торможения);

– реакцией со стороны сердечно-сосудистой системы (изменение сердечной деятельности);

– общим состоянием – утомлением, появлением болей и других симптомов (зуда, тошнот, ощущением тряски внутренних органов и т.д.).

При длительном воздействии вибрации может возникнуть вибрационная болезнь, характеризующаяся тяжелыми и необратимыми

явлениями в центральной нервной и сердечно – сосудистой системах, в опорно-двигательном аппарате. Локальные вибрации опасны для развития вибрационной болезни, сопровождающейся спазмом кровеносных сосудов конечностей.

Вибрации и шум обычно приводят к снижению производительности труда. На производствах, где можно оценить это влияние, установлено, что производительность труда снижается на 30% при повышении уровня шума с 70 до 100 дБ, а процент брака увеличивается в течение рабочей смены, и тем интенсивнее, чем выше уровень шума.

Нормируется внутренний (в кабине или салоне) и внешний шум автомобиля. Нормирование вибраций осуществляется только для рабочего места водителя или пассажира. Нормируемыми характеристиками шума являются уровни звукового давления в октавных полосах с частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц и уровни звука.

В таблице 3.7 приведены допустимые уровни шума на рабочем месте водителя.

Уровни инфразвука ограничивается в октавных полосах 2, 4, 6, 8, 16 Гц величиной 105 дБ при общем уровне не более 110 дБ.

Допустимые уровни внешнего и внутреннего шума автомобиля, действующие в настоящее время, и перспективные, приведены в таблице 3.8.

Таблица 3.7 – Допустимые уровни шума

Среднегеометрические частоты октавных частот, Гц								Уровни звука дБА 85
63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
Уровни звукового давления								
99	92	86	83	80	78	76	74	

Таблица 3.8 – Допустимые уровни шума

Категория транспортного средства	Уровень звука, дБА	
	Действующие в настоящее время	Перспек- тивные
Допустимые уровни внешнего шума		
Легковые автомобили	82	80
Автобусы с полной массой, т		
до 3,5 включительно	84	81
свыше 3,5	89	82
Автобусы с двигателем мощностью 162 кВт и выше	91	85

Грузовые автомобили и автопоезда с общей массой, т		
до 3,5 т включительно	84	81
свыше 3,5	89	86
свыше 12 с двигателем мощностью 162 кВт и выше	91	88
Допустимые уровни внутреннего шума		
Легковые автомобили	80	78
Автобусы с полной массой, т		
до 3,5 включительно	84	81
свыше 3,5	89	82
Автобусы:		
городские и местного сообщения	85	82
туристические и международные	85	80
Грузовые автомобили и автопоезда	85	82

При определении предельных норм уровня шума и вибраций исходят не из комфортных условий труда, а из условий, при которых их воздействие на организм человека незначительно.

Нормированные значения уровней шума и вибраций имеют силу закона и отражены в Государственных и отраслевых стандартах, санитарных нормах (СН) и строительных нормах и правилах (СНиП).

Исследованиями было установлено основные закономерности формирования внутреннего и внешнего шума автомобиля, определены значимость его источников и влияние различных конструктивных и эксплуатационных факторов на характер изменений общего уровня шума и его спектра.

Внешний шум автомобилей (легковые, грузовые и автобусы) достигает величин порядка 79 – 92 дБА, а внутренний – 68 – 83 дБА. Основные энергетические составляющие шума лежат в средневысокочастотной областях спектра.

Аппаратурные изменения локальных вибраций (на рулевом колесе) и вертикальных (сиденье водителя) показали, что локальные вибрации существенно ниже допускаемых (уровни виброскорости 45 – 74 дБ), а уровни общей вертикальной вибрации превышают предельно допустимые.

Уровни шума ТС и интенсивность их составляющих изменяются в широких пределах и определяются:

- габаритными размерами транспортного средства;
- типом силовой установки, ее мощностью и частотой вращения коленчатого вала;
- режимом работы двигателя и скоростью движения автомобиля;
- состоянием и типом дорожного покрытия;
- конструкцией силовой передачи и ходовой части (подвеска и

применяемый тип шин);

- работой вспомогательного оборудования (система отопления и вентиляции кузова, звуковой сигнал, стеклоочистители);
- взаимодействием встречного потока воздуха с автомобилем;
- общим пробегом автомобиля с начала эксплуатации;
- мастерством вождения.

Значительная часть акустической энергии излучается панелями кузова в результате их колебаний, возбуждаемых вибрацией узлов и агрегатов ТС. В этом случае панели кузова являются своеобразными преобразователями энергии механических колебаний в энергии звуковых волн. Такой шум называют структурным. Колебания панелей могут являться одним из основных источников инфразвука.

В результате экспериментального изучения реальной шумовой нагрузки на население города (его сочетанного действия в производственных и бытовых условиях) отмечено преобладающее раздражающее действие шума автомобильного транспорта. Это предопределило, в частности, разработку и внедрение мероприятий по снижению шума ТС и транспортных потоков.

Помимо перечисленных выше источников шума ТС, на уровень шума транспортного потока оказывает влияние целый ряд специфических факторов:

1. Категория улиц и дорог.
2. Характеристики транспортных потоков:
 - интенсивность дорожного движения, которая достигла на магистралях крупных городов 800-1000 авт/ч на одну полосу движения, а на трассах скоростного движения свыше 1000 авт/ч;
 - неравномерность дорожного движения, оцениваемая величиной суммарных ускорений и замедлений на участках дорог;
3. Структура транспортных потоков (состав и однородность транспортного движения).
4. Конструктивные особенности дорог (степень ровности, наличие уклонов, эстакад, тоннелей и т.д.).
5. Техническое состояние дорог;
6. Различное время суток.

Указанные факторы и их сочетания могут изменить интенсивность шума транспортных потоков на 4 – 10 дБ.

Двигатель внутреннего сгорания является основным источником вибраций и внутреннего, и внешнего шума автомобиля. Уровни шума двигателя на номинальном режиме работы достаточно высоки и составляют 95 – 118 дБ. Изменение частоты вращения коленчатого вала от минимально устойчивых до максимальных приводит к увеличению шума на 10 – 20 дБ. Увеличение нагрузки влечет рост уровней интенсивности звука у карбюраторных двигателей на 5 – 8 дБ, у дизелей – на 2 – 3 дБ. Спектр шума двигателей относят к виду смешанных, т.е. в нем имеются как тональные составляющие, так и сплошная область, занимающая все частоты спектра, что

свидетельствует о большом числе источников шума, формирующих звуковое поле двигателя. Основные из них:

- процесс сгорания;
- соударения в элементах кривошипно – тишатунного механизма и механизма газораспределения;
- процесс впуска свежего заряда и выпуска отработавших газов;
- процесс подачи топлива;
- система охлаждения двигателя;
- нагнетатели, компрессоры, электрические генераторы и другое вспомогательное оборудование;
- колебания двигателя на подвеске под действием опрокидывающего момента от газовых сил и неуравновешенных сил инерции и их моментов.

Характер колебаний ДЦБ определяется как различием их конструктивных схем и режимов работы, так и параметрами упругих элементов подвески. Возбудителями колебаний двигателя на режимах холостого хода являются: при минимально устойчивых частотах вращения коленчатого вала – основная гармоника опрокидывающего момента, а с повышением частоты вращения – величина остаточного дисбаланса и неуравновешенные силы инерции и их моменты. В результате через подвеску двигателя на кузов автомобиля передается вибрация, которая является источником структурного шума в диапазоне частот от 10 до 400 Гц. При движении автомобиля по неровностям дороги двигатель совершает колебания с частотой 5 – 20 Гц, что способствует увеличению и инфразвуковой энергии в салоне автомобиля.

Своеобразный вклад в энергию звукового поля автомобиля вносят система впуска и выпуска, система охлаждения и работа нагнетателей, компрессоров, электрических генераторов. Система впуска излучает акустическую энергию в диапазоне частот от 50 до 800 Гц с уровнем отдельных составляющих 108 – 110 дБ и является значительным источником внутреннего шума. Значимость его уменьшается при установке высокоэффективных воздухоочистителей – глушителей или выносе заборных устройств из подкапотного пространства. В случае применения турбонаддува система впуска оказывает определяющее влияние на внутренний и внешний шум автомобиля. При этом аэродинамический шум самого нагнетателя (до 135 дБ) может значительно превлпать шум других агрегатов двигателя.

Характер вибраций и шума трансмиссии автомобиля определяется ее конструктивными особенностями, частотой вращения и нагрузкой валов и зубчатых зацеплений, наличием и параметрами изгибных и крутильных колебаний, величинами остаточных дисбалансов. Вибрация трансмиссии, передаваясь на конструкцию автомобиля, может усиливать структурный шум, излучаемый кузовом, особенно на частотах 50 – 100 Гц. Уровни шума трансмиссии (без учета влияния качения колес) оцениваются в 75 – 80 дБ. Основные энергетические составляющие шума и вибраций располагаются в диапазоне частот 400 – 5000 Гц. Рациональными методами уменьшения шума и вибраций трансмиссии автомобиля являются:

- выбор оптимальных параметров колебательной системы (коробка перемены передач – карданная передача – ведущий мост – полуоси), исключающих возникновение резонансов во всем диапазоне нагрузочных и скоростных режимов;

- применение самонастраивающихся демпферов колебаний, резиновых и нейлоновых вставок в трубу карданной передачи и нанесение на ее стенки различных покрытий с высокими диссипативными свойствами;

- выбор оптимальных конструкций и регулировок зубчатых зацеплений и вариантов крепления картеров коробки перемены передач и ведущего моста к кузову или шасси автомобиля.

При выполнении указанных мероприятий трансмиссия не оказывает существенного влияния на общую вибрационную нагрузку кузова, а шум, возникающий при ее работе, значительно ниже шума других источников.

Качение шин является источником, как внешнего, так и внутреннего шума автомобиля, и значимость его увеличивается при скоростях движения выше 70 км/ч. Основными факторами, оказывающими влияние на акустическое излучение шин при движении автомобиля являются:

- конструктивные параметры шин, их материал и рисунок протектора;
- скорость движения;
- нагрузка на шину;
- состояние протектора (новый, изношенный или восстановленный);
- давление воздуха в шине;
- состояние и профиль дорожного полотна.

Внешний шум, излучаемый шинами свободно движущегося автомобиля по асфальтированному шоссе, оценивается величинами 62 ... 80 дБА при изменении скорости от 50 до 110 км/ч. Основные составляющие спектра находятся в диапазоне частот 100 – 1500 Гц.

Большое влияние на уровень внутреннего шума легкового автомобиля оказывает статический дисбаланс колес и давление воздуха в шинах. Отмечено существенное влияние парных взаимодействий на внутренний шум автомобиля:

- скорости движения и давления воздуха в шинах;
- скорости движения и ровности дорожного покрытия.

Борьба с шумом и вибрацией автомобилей и шумом транспортных потоков осуществляется по трем направлениям:

- научно-техническому;
- градостроительному;
- административно-организационному.

Научно-техническое направление включает в себя:

- определение наиболее интенсивных источников шума;
- поиск причин и закономерностей возникновения шума в источниках;
- определение способов и средств снижения шума источника;
- создание конструкций узлов и агрегатов, обладающих минимальными уровнями шума и вибраций;
- разработку новых конструкционных материалов, обладающих

высокими диссипативными свойствами;

– изучение передачи путей шума на рабочие места и в окружающее пространство;

– разработку материалов и средств виброизоляции, вибропоглощения, звукоизоляции и звукопоглощения;

– разработку индивидуальных средств защиты от шума и вибраций.

ГОСТ Р 52231 – 2004 устанавливает следующие требования к уровню внешнего шума:

– $M_1, N_1 – 96$ дБ;

– $M_2, N_2 – 98$ дБ;

– $M_3, N_3 – 100$ дБ,

Измерения производятся возле выхлопной трубы на удалении 0,7 м.

3.3. Методы и средства снижения шумового загрязнения

3.3.1. Расчет воздушного шума в кабине трактора

Источниками шума в кабине трактора является корпус ДВС, расположенный в двигательном отсеке, выхлоп и всасывание ДВС, расположенные снаружи над капотом, гусеницы (для гусеничных транспортных средств)

Основные пути проникновения шума в кабину: из двигательного отсека через перегородку, излучение через капот наружу, а потом через ограждения кабины (кроме пола и перегородки) от выхлопа и всасывания через элементы ограждения, а также от движителя через пол и ограждения кабины.

Расчет шума выполняется по октановому спектру в уровнях звукового давления, дБ; при этом пересчет полученного октанового спектра в уровни звука, выполняется с учетом фильтра коррекции А шумомера ВШВ – 003.

Основные допущения принятые при расчетах:

– звуковое поле в кабине принято квазидиффузным;

– источники звука некогерентны;

– при рассмотрении суммарного звукового поля от вклада источников используется принцип энергетического суммирования.

Частотная граница этих допущений по отношению к кабинам рассматриваемых машин принята:

$$f_{ГР} = \frac{200}{\sqrt[3]{V}},$$

(3.1.)

где V – объем кабины, m^3 .

Количество шума (дБ) проникающего от двигателя заключенного в капот, в кабину через перегородку:

$$L_{ПЕР} = L_w^{КАП} + 10 \lg \left(\frac{\chi_{КАП}}{S_{КАП.ОБЩ}} + \frac{4\psi}{B_{КАП}} \right) + 10 \lg \frac{S_{ПЕР}}{\sum_{i=1}^n S_{КАП_i}} - \overline{ЗИ}_{ПЕР} - 10 \lg A_{КАБ} + 6, \quad (3.2)$$

где $L_w^{КАП}$ – акустическая мощность под капотом;

$\chi_{КАП}$ – коэффициент, учитывающий влияние ближнего звукового поля под капотом;

$S_{КАП.ОБЩ}$ – общая площадь внутренних ограждений капота м²;

$B_{КАП}$ – акустическая постоянная капота, м².

$$B_{КАП} = \frac{A_{КАП}}{1 - \alpha_{КАП}} \quad (3.3)$$

где $A_{КАП}$ – эквивалентная площадь звукопоглощения капота, м².

$$A_{КАП} = \alpha_{КАП} \times S_{КАП.ОБЩ}, \quad (3.4)$$

где $\alpha_{КАП}$ – средний коэффициент звукопоглощения под капотом;

$S_{ПЕР}$ – площадь перегородки, м².

$S_{КАП_i}$ – площадь i – й панели ($i = 1, \dots, n$), через которую звук проникает в открытое пространство, м²;

$\overline{ЗИ}_{ПЕР}$ – приведенная звукоизоляция перегородки, дБ;

$A_{КАБ}$ – эквивалентная площадь, звукопоглощения в кабине, м².

$$A_{КАБ} = \alpha_{КАБ} \times S_{КАБ}, \quad (3.5)$$

где $\alpha_{КАБ}$ – средний коэффициент звукопоглощения в кабине;

$S_{КАБ}$ – суммарная площадь элементов ограждения кабины (остекление, пол, потолок и т.д.), м².

Ориентировочные значения необходимых для расчетов коэффициентов звукопоглощения под капотом и в кабине, полученные экспериментальным путем, приведены в таблице 3.9.

Таблица 3.9 – Значения средних коэффициентов звукопоглощения

Обозначения	Значение коэффициентов звукопоглощения в октановых полосах частот, Гц							
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000
$\alpha_{КАБ}$	0,09	0,15	0,18	0,25	0,25	0,25	0,25	0,28
$\alpha_{КАП}$	0,08	0,12	0,16	0,20	0,26	0,3	0,3	0,35

Значения $L_w^{КАП}$, $\overline{ЗИ}_{ПЕР}$ получают экспериментально или специальными

расчетами.

Количество шума выпуска (дБ) в кабину:

$$L_{ВЫП} = L_{W\ ВЫП} + 20\lg \frac{R_{ВЫП}}{r} - 10\lg \frac{\sum_{i=1}^m S_{КАБ_i}}{\sum_{i=1}^m S_{КАБ_i} \times 10^{-0,1(ZИ_{КАБ_i} + t_{ДИФР_i})}} +$$

$$+ 10\lg \frac{\sum_{i=1}^m S_{КАБ_i}}{A_{КАБ}} + ПН_{ВЫП} - x + 6 \quad (3.6)$$

где $L_{W\ ВЫП}$ – акустическая мощность выпуска (по результатам экспериментов или расчетов), дБ;

$R_{ВЫП}$ – расстояние от среза выпускной трубы до ближайшей панели кабины, м

r – расстояние, на котором измеряется шум выпуска, м;

$S_{КАБ_i}$ – площадь i -го элемента ($i = 1, \dots, m$) ограждения, через шум выпуска проникает в кабину, м².

$ZИ_{КАБ}$ – звукоизоляция i -го элемента кабины, дБ;

$t_{ДИФР_i}$ – добавка к звукоизоляции i -го элемента ограждения кабины в зависимости от расположения панелей к выпуску, дБ; $t_{ДИФР_i} = 0$ – для панели, расположенной напротив выпускной трубы; $t_{ДИФР_i} = 5$ – для потолка и боковых панелей; $t_{ДИФР_i} = 8$ – для задней панели по отношению к выпуску (рисунок 4.12);

$ПН_{ВЫП}$ – показатель направленности выпуска, дБ;

x – числовая добавка, которая при $\Omega = \pi$ – 5 дБ, при $\Omega = 2\pi$ – 8 дБ, $\Omega = 4\pi$ – 11 дБ (Ω – пространственный угол излучения источников, при излучении в открытое пространство он составляет – 4π , в полупространство – 2π , в двугранный угол – π) (рисунок 3.9).

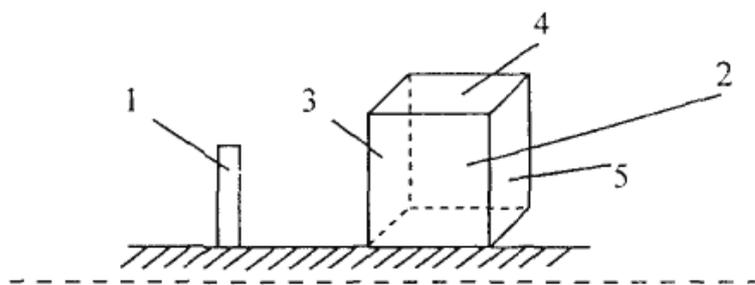


Рисунок 3.9 – Схема расположения выпуска и элементов ограждения в кабине:

1 – выпуск; 2 – кабина; 3 – передняя панель; 4 – потолок;
5 – задняя панель.

Количество шума от двигателя, проникающего через пол:

$$L_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}} = L_{W_{\text{ДВИЖ}}} - 10 \lg \frac{R_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}}{r} - \overline{\text{ЗИ}}_{\text{ПОЛ}} + 10 \lg \frac{S_{\text{ПОЛ}}}{A_{\text{КАБ}}} + 1, \quad (3.7)$$

где $L_{W_{\text{ДВИЖ}}}$ – звуковая мощность, излучаемая двигателем, дБ;

$R_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}$ – усредненное расстояние от двигателя до пола, м;

$\overline{\text{ЗИ}}_{\text{ПОЛ}}$ м – приведенная звукоизоляция пола, дБ;

r – расстояние, на котором измеряется шум двигателя, м ($r = 1$ м);

$S_{\text{ПОЛ}}$ – площадь пола, м².

Аналогичным образом определяется вклад шума других источников шума: всасывания ($L_{\text{ВСАС}}$), шум, проникающий из проема в дизельном отсеке путем отражения от поверхности и далее через пол ($L_{\text{ПР}}$), от двигателя через стены кабины ($L_{\text{ДВИЖ.СТ}}$), шум от двигателя, проникающий через ограждения капота наружу, а затем через элементы ограждения кабины $L_{\text{КАП}}$. Суммарный расчет спектра воздушного шума в кабине определяется:

$$L_{\text{СУМ}} = 10 \lg (10^{0,1L_{\text{ВСАС}}} + 10^{0,1L_{\text{ПР}}} + 10^{0,1L_{\text{КАП}}} + 10^{0,1L_{\text{ПЕР}}} + 10^{0,1L_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}} + 10^{0,1L_{\text{ДВИЖ.СТ}}} + 10^{0,1L_{\text{ВЫП}}}) \quad (3.8)$$

Результаты расчета сведем в таблицу 3.10 и покажем на рисунке 3.10.

Таблица 3.10 – Данные расчета внутреннего шума трактора

Источники излучения каналы проникновения	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах частот со среднегеометрическими частотами, Гц								Уровни звука, дБА
	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
$L_{\text{ВЫП}}$	77	78	65	47	47	48	46	32	64
$L_{\text{ВСАС}}$	65	65	56	45	42	48	41	35	53
$L_{\text{ПЕР}}$	62	68	65	61	65	57	49	44	68
$L_{\text{ПР}}$	59	66	64	62	59	62	50	43	65
$L_{\text{КАП}}$	67	69	58	48	56	56	51	37	62
$L_{\text{ДВИЖ.СТ}}$	64	58	59	48	48	54	46	32	57
$L_{\text{ДВИЖ.ПОЛ}}$	56	57	65	59	54	56	47	31	63
$L_{\text{СУМ}}^{\text{КАБ}}$	78	79	71	65	67	64	57	46	72

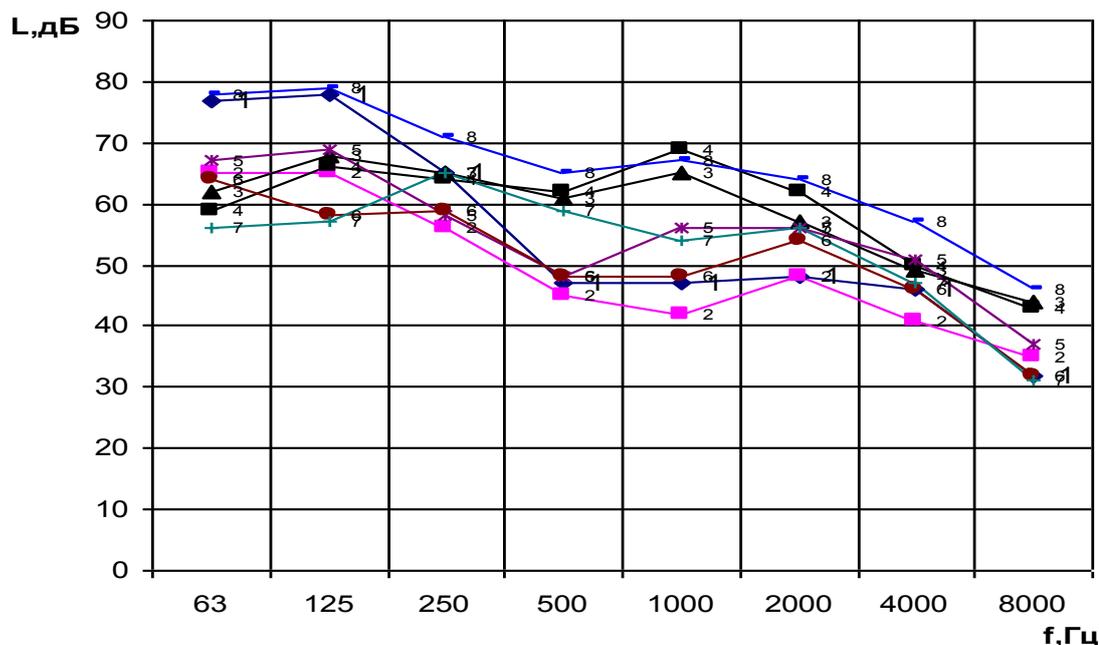


Рисунок 3.10 – Вклад каналов шума, проникающего в кабину:

- 1 – шум выпуска; 2 – шум всасывания; 3 – шум двигательного отсека проникающего через перегородку; 4 – шум двигательного отсека через проем; 5 – шум двигательного отсека через капот; 6 – шум движителя через стенки кабины; 7 – шум движителя через пол; 8 – суммарное звуковое поле кабины

Сведения о разделении вклада источников позволяют научно – обоснованную шумозащиту. Выполненные расчеты (рисунок 3.10) позволяют сделать вывод о том, что для снижения шума необходимо снизить шум, проникающий 1 – м, 2 – м путями (увеличить звукоизоляцию перегородки и закрыть проем) и 3 – м путем (увеличить эффективность глушителя шума выпуска ДВС).

Для снижения шума на рабочем месте водителя – оператора применяют **активные** и **пассивные** способы. **Активные** – когда происходит уменьшение излучаемой акустической энергии, а **пассивные** – когда эта энергия поглощается на пути от источника к органам слуха.

Активные способы снижения шума: повышение точности изготовления деталей и узлов; снижение неравномерности работы механизмов, вызывающих вибрацию; разработка малошумных сборочных единиц и механизмов.

Кабина – это тоже источник шума из-за генерируемых в ней колебаний первичными источниками. Поэтому уровень шума на рабочем месте тракториста зависит от ее конструкции. Исследования показали, что рационально спроектированная кабина может обеспечить снижение уровня шума на рабочем месте на 30 дБ .

Вклад каналов шума трактора в общий шум показан на рисунке 3.11.

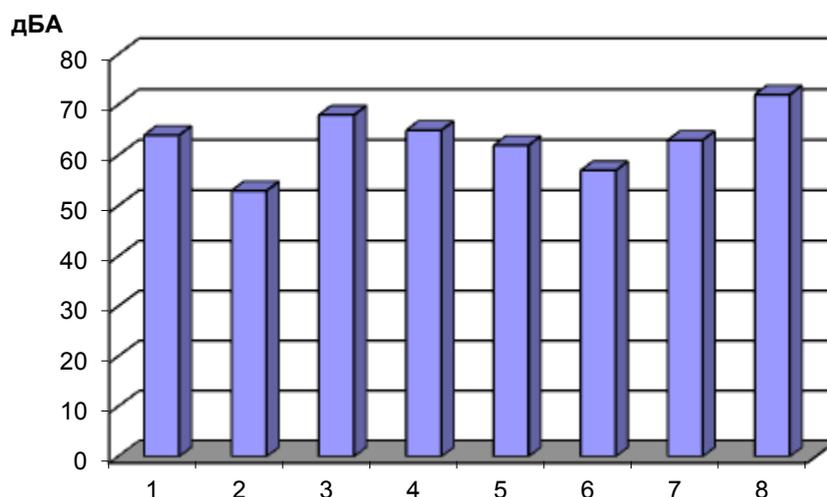


Рисунок 3.11 – Вклад каналов шума трактора ДТ – 75М:

1 – от выпуска; 2 – от всасывания; 3 – шум двигательного отсека проникающего через перегородку; 4 – из двигательного отсека через проем; 5 – из двигательного отсека через капот; 6 – от движителя через стенки кабины; 7 – от движителя через пол; 8 – суммарное звуковое поле

С целью снижения уровня шума на рабочем месте тракториста в кабине не следует размещать или крепить к ее стенкам механизмы, которые могли бы служить первичным источником колебаний.

Пассивные способы снижения шума. Возникающий в разных механизмах трактора шум передается в кабину акустическим путем, т. е. через открытые окна, люки, щели и т. д., а также через вибрирующие детали. Способы снижения этого шума называют пассивными, к ним относятся:

1. **Вибродемпфирование.** В связи с волновой природой звука снижение энергии колебаний деталей кабины является одним из эффективных способов борьбы с шумом. Физическая суть демпфирования – это ослабление вторичных колебаний путем преобразования энергии колебаний в теплоту. Для снижения шума таким способом используют вязко – упругие материалы, содержащие в своей структуре макромолекулы, обладающие коэффициентом внутреннего трения, который обеспечивает эффективное поглощение вибраций. Низкие механические свойства таких материалов не позволяют использовать их в качестве конструкционных. Поэтому вязкоупругие материалы наклеивают на стенки и панели, изготовленные из стали или других материалов, обладающих высокой несущей способностью. Слой вибродемпфирующего материала наносят на одну сторону или между двумя поверхностями, а также между стальным листом и упрочняющим внешним слоем.

2. **Звукоизоляция** ослабляет передачу шума в воздушной среде. Это препятствие между источником звука и пространством, куда проникновение звука нежелательно. Таким препятствием может быть стекло, экран, переборка и т. д. На тракторах рекомендуют использовать тонкую листовую сталь с многослойным противозумным покрытием. Обычная стальная стенка, покрытая противозумным материалом, может приобретать

звукопоглощающие свойства двойной стенки и более.

3. **Звукопоглощение** ослабляет отражение звуковых волн от поверхности вследствие частичного поглощения ею акустической энергии в среде звукопоглощающего материала. Энергия механических колебаний и звуковых волн, превращается в энергию внутреннего трения звукопоглощающего материала, которым покрыта звукоотражающая поверхность.

С целью звукопоглощения применяют пористые прокладки, закрепляемые на металлических поверхностях кабины, пористые прокладки с перфорированным защитным слоем, вибропоглощающие пластики или мембранные резонаторы, объемные резонаторы. Звукопоглощающими свойствами обладают обивка кабины, сиденье, коврики.

Перечень звукоизолирующих, вибродемпфирующих, звукопоглощающих и облицовочных материалов для сельскохозяйственных машин регламентированы руководящими техническими материалами, которые наряду с этим устанавливают:

- порядок проектирования звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкций; номенклатуру рекомендуемых отечественных материалов и их основные технические характеристики;
- перечень звукоизолирующих и звукопоглощающих конструкций и места их установки;

3.4. Разработка системы герметизации кабины транспортного средства

Состояние здоровья и работоспособность водителя ТС во многом зависит от микроклимата, уровня загазованности, запыленности, шума, вибрации и других вредных факторов, присутствующих на рабочем месте. Снизить уровни и концентрации вредных производственных факторов можно различными методами, в том числе и инженерными. В частности, хорошо герметизированная кабина транспортного средства не позволяет проникать ВПФ во внутрь кабины, через различные технологические отверстия и акустические окна (неплотности).

Исследования проведенные М.М. Юрковым, В.Н. Луканиным свидетельствуют о том, что в тракторной кабине неплотности имеют свои отличия. Все неплотности в полу кабины, стенках и других элементах выполняющих функцию перегородки можно разделить, в соответствии с их назначением на три группы: рычажные, коммутационные и технологические.

Первая группа – неплотности, которые необходимы для ввода рычагов и других элементов, при помощи которых тракторист управляет машиной из кабины. Неплотности этой группы являются трудногерметизируемыми, так как в проемах находятся подвижные части элементов.

Третья группа – неплотности, которые образуются из-за некачественной подгонки сопрягаемых деталей; применением деталей из некачественного материала (деформирующегося, разрушающегося, отклеивающегося), сюда же относятся технологические неплотности –

отверстия для слива краски, монтажные и другие. Особую сложность представляет герметизация дверного проема и подвижных элементов систем управления транспортным средством.

В отечественном и зарубежном автотракторостроении широко применяют установку уплотнителей на клею. На рисунке 3.12 показаны варианты установки губчатых резиновых уплотнителей дверных проемов: путем отштамповки углублений в элементах каркаса кабины или кузова (рисунок 3.12, а, I) или наклеивания на дверь по периметру (рисунок 3.12, а, II). Дверь кабины, сжимающая профиль, фиксируется специальным устройством в закрытом положении.

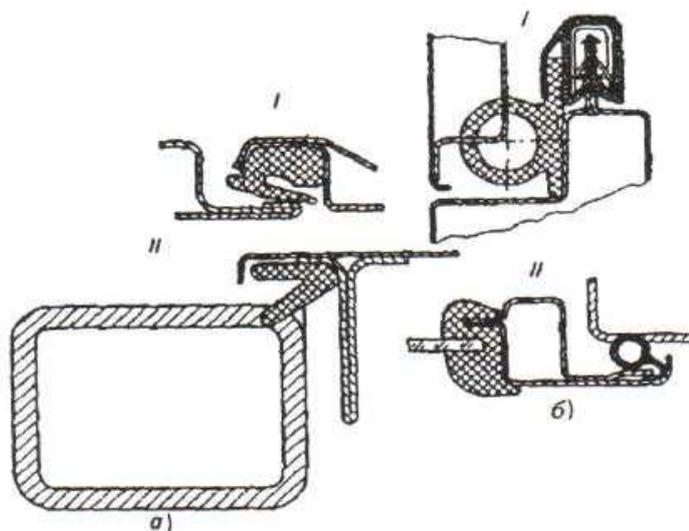
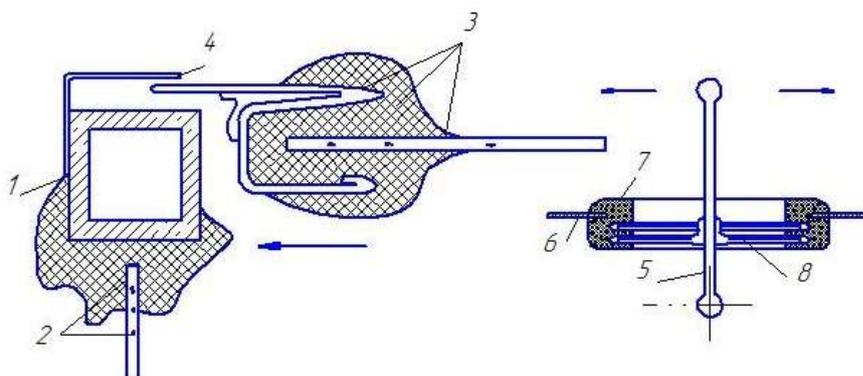


Рисунок 3.12 – Варианты установки уплотнителей

Поскольку губчатый профиль находится в сжатом состоянии, появление зазора в дверном проеме при вибрации закрытой двери и стенки кабины исключается. Для уплотнения дверного проема применяют также трубчатые губчатые резиновые профили. Их крепят механически двумя способами: зажимают между двумя пластинами двери (рисунок 3.12, б, I) или прижимают к элементу металлоконструкции кабины через промежуточный зажим (рисунок 3.12, б, II).

Для сдвижной двери М. М. Юрков предлагает систему герметизации, схема которой показана на рисунке 3.13.



а)

б)

Рисунок 3.13 – Схема герметизирующих уплотнений сдвижной двери кабины (а) и ввода рычагов управления (б):

1 – каркас кабины; 2 – лобовое стекло; 3 – рамка сдвижной двери со стеклом в монтажном профиле; 4 – лабиринтное уплотнение; 5 – рычаг; 6 – пол; 7 и 8 – части пластического уплотнения

Автор предлагает вместо резиновых уплотнителей дверей и люков кабины транспортных средств, систему герметизации, функциональная схема которой показана на рисунке 3.14.

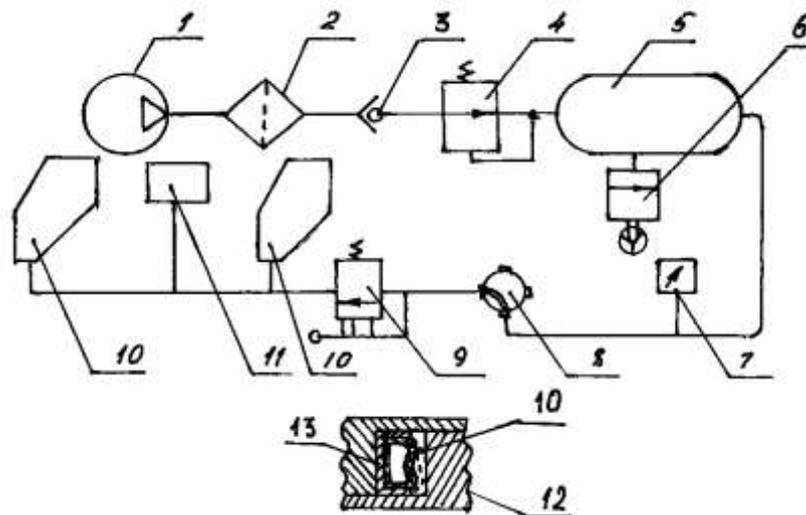


Рисунок 3.14 – Функциональная схема системы герметизации дверей и люков кабины трактора:

1 – компрессор; 2 – воздушный фильтр; 3 – обратный клапан;
 4 – редуктор; 5 – воздушный баллон; 6 - кран слива конденсата;
 7 – манометр; 8 – кран управления системой герметизации;
 9 – предохранительный клапан; 10, 11 – шланги герметизации;
 12 – дверь; 13 – желоб.

Часть агрегатов системы имеется и непосредственно используется в пневматической системе тракторов, в частности марки МТЗ, за исключением: крана управления, предохранительного клапана, шлангов герметизации и манометра.

Система работает следующим образом. При запуске двигателя трактора воздух от компрессора 1 через регулятор давления 2, воздушный фильтр 3 и обратный клапан 4, поступает в воздушный баллон 5, а затем к крану управления системой герметизации 8. При закрытых дверях кабины 12 и включении крана управления 8, воздух поступает в шланги 10, 11, которые изменяясь в объеме, обеспечивают герметизацию дверей и люков кабины. При отключении компрессора давление воздуха в системе удерживается обратным клапаном 4. В случае превышения давления воздуха в шлангах, срабатывает

предохранительный клапан 9, стравливая воздух из системы герметизации. При выключении системы воздух из шлангов стравливается через кран управления. Контроль давления воздуха в системе осуществляется манометром 7.

Согласно исследованиям В.Н. Луканина, при наличии сквозного отверстия диаметром 2,5 мм, звукоизоляция кузова снижается на 10...15 дБ. Как было отмечено выше, большое количество отверстий и проемов, особенно в кабинах тракторов, обусловлено вводом педалей и рычагов управления. Для решения этой проблемы, предлагаем педаль с герметичным выводом, изображенной на рисунке 3.15.

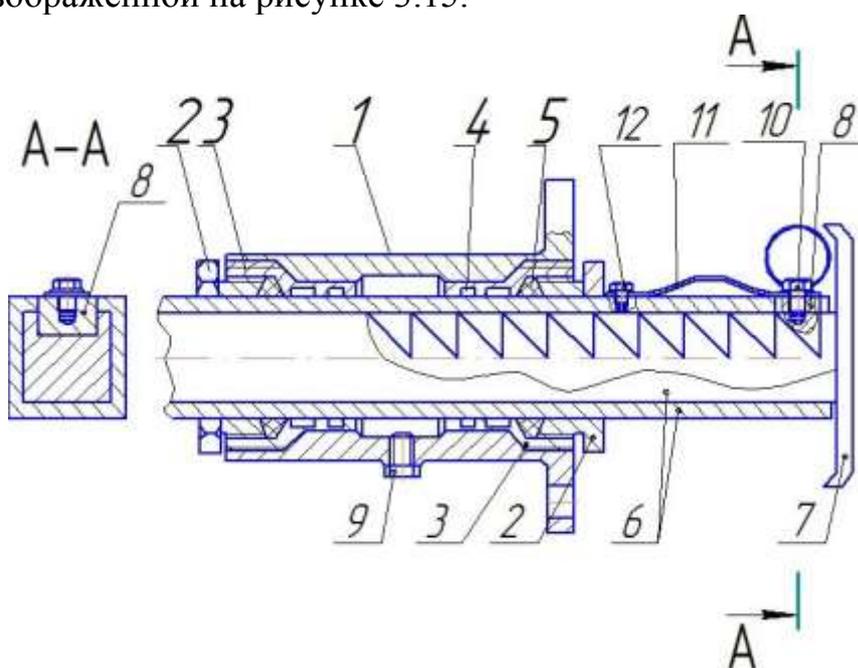


Рисунок 3.15 – Педаль управления:

- 1 – корпус; 2 – гайки; 3 – бронзовые втулки; 4 – резиновые уплотнения;
5 – войлочные кольца;

Корпус болтами крепится к полу кабины.

Для уменьшения трения внутренняя полость корпуса, через отверстие заполняется смазкой ЦИАТИМ – 221. Отверстие закрыто пробкой 9.

3.5. Уменьшение загрязнения атмосферы путем совершенствования организации дорожного движения и градостроительных мероприятий

Как уже отмечалось, существенное влияние на токсичность ОГ оказывают режимы движения автомобиля, которые можно разделить на установившиеся и неустановившиеся. В городских условиях эксплуатации преобладающими являются неустановившиеся режимы движения, характеризующиеся постоянным изменением скорости движения автомобиля. В общем случае движение автомобиля в городе осуществляется разгонами, замедлениями, работой двигателя на холостом ходу и движением

с относительно установившейся скоростью, причем сочетание этих фаз может быть самым различным.

Режим холостого хода характеризуется возрастанием выброса продуктов неполного сгорания. Снижение качества смесеобразования и распределения рабочей смеси по цилиндрам, возрастание количества остаточных газов в цилиндрах ДВС ухудшают процесс сгорания даже при обогащенной рабочей смеси. Температура в камере сгорания на режимах холостого хода невелика, поэтому содержание NO_x в ОГ на холостом ходу ДВС мало. Особенно резко возрастает содержание C_nH_m в период пуска ДВС, так как в нескольких первых циклах горения не происходит. При закрытой воздушной заслонке ДВС выброс C_nH_m также резко увеличивается.

Совершенствованию работы ДВС на режимах холостого хода сейчас уделяется огромное внимание. Во многих странах мира нормируемым параметром при проверке автомобиля на токсичность ОГ является содержание CO в режиме холостого хода: именно в этом режиме выделяется наибольшее количество CO .

Основная доля выброса NO_x при движении автомобиля в городе (до 85%) приходится на режим разгона. В начале разгона наблюдается некоторое увеличение содержания продуктов неполного сгорания в ОГ, которое затем уменьшается. Это объясняется тем, что при быстром открытии дроссельной заслонки происходит некоторое обогащение рабочей смеси вследствие более интенсивного испарения топлива. Рост концентрации NO_x связан с увеличением температуры в камере сгорания ДВС.

Режимы замедления составляют значительную часть времени работы автомобиля в условиях города. Этот режим называют также режимом принудительного холостого хода. Он характеризуется быстрым закрытием дроссельной заслонки при высокой частоте вращения коленчатого вала ДВС. При этом происходит интенсивное испарение топливной пленки со стенок впускного трубопровода, рабочая смесь сильно обогащается. В отдельных цилиндрах процесс сгорания распространяется по всей камере сгорания, что объясняет резкое увеличение доли C_nH_m в ОГ. Кроме того, при нагрузочных режимах, следующих за режимом принудительного холостого хода, отмечается значительное увеличение выброса продуктов неполного сгорания. Эксперименты, проведенные в НАМИ, показали, что при движении автомобиля с постоянной скоростью 35 км/ч (третья передача), следующего за режимом принудительного холостого хода, выброс CO примерно на 135%, а C_nH_m на 250% больше, чем при установившемся режиме движения с той же скоростью.

Дизельные ДВС при работе на неустановившихся режимах выделяют мало токсичных компонентов ОГ, наблюдается только увеличение дымности в период разгона. В этом заключается еще одно важное преимущество автомобиля с дизельным ДВС.

Режимы движения, а следовательно загрязнение воздушного бассейна города, определяются геометрическими характеристиками улично – дорожной сети, типом автомобиля, квалификацией водителя, параметрами

транспортного потока и качеством регулирования дорожного движения. Управляя процессом движения автомобилей, можно создавать транспортные потоки, различно воздействующие на окружающую среду.

Большое влияние на загрязнение атмосферы города оказывает интенсивность движения. На центральных улицах крупных городов зарегистрированы пиковые концентрации СО, превышающие ПДК в 5... 10 и более раз. В городе Москве содержание СО на магистралях с интенсивным движением более чем в 3 раза превышает концентрацию в промышленных зонах города. Колебания содержания СО в течение суток практически соответствуют колебаниям интенсивности движения.

Степень загрязнения воздуха зависит от скорости движения транспортного потока. С увеличением скорости движения выделение продуктов неполного сгорания уменьшается, а выброс NO_x увеличивается.

Увеличение расстояния между транспортной магистралью и жилой застройкой дает очень резкое снижение концентрации токсичных веществ, но выполнить это мероприятие зачастую невозможно.

Транспортная планировка города. Транспортная планировка города во многом определяет режим движения автомобилей, поэтому рациональная транспортная планировка позволяет снизить и уровень загрязнения атмосферы.

Транспортные развязки на разных уровнях, подземные тоннели и пешеходные переходы, магистрали – дублеры, кольцевые магистрали способствуют перераспределению транспортных потоков, уменьшают неравномерность движения. Например, после постройки в городе Москве на площади Маяковского автомобильного тоннеля концентрация СО в воздухе снизилась в 2,5 раза, а C_nH_m – в 3 раза. Но даже при развязках на разных уровнях концентрация токсичных веществ в районе развязки приблизительно на 20% выше, чем на перегоне.

Зеленые насаждения. Газозащитный эффект зеленых насаждений зависит от способа озеленения, пород деревьев и кустарников, времени года. Помимо роли защитного экрана, зеленые насаждения способствуют биологической очистке воздуха, поглощая углекислый газ.

Однородная древесная посадка оказывает малое газозащитное действие. При такой посадке снижение концентрации ОГ составляет 7...10%. Хорошие результаты дает древесно – кустарниковая посадка (до 25%). Зимой защитная функция древесной посадки снижается в 3...4 раза.

При создании защитного экрана из зеленых насаждений должны выбираться породы деревьев и кустарников, наиболее устойчивые к воздействию токсичных компонентов ОГ автомобилей. Менее всего пригодны для этих целей хвойные деревья. Больше внимания должно уделяться посадкам тополя, являющегося одним из нужных поглотителей канцерогенных веществ, особенно бенз(а)пирена.

Охрана окружающей природной среды – общечеловеческая и общегосударственная задача. Ее решением должны непрерывно и повсеместно заниматься как органы федеральных и местных властей, так и владельцы средств, загрязняющих биосферу.

3.6. Дорожные условия и безопасность движения

3.6.1. Анализ транспортных происшествий из-за дорожных условий

По данным статистики из-за дорожных условий происходят до 8% несчастных случаев. Такие случаи оцениваются с определенной степенью достоверности вследствие субъективных точек зрения сотрудников Государственной инспекции безопасности дорожного движения, осматривающих место дорожно-транспортных происшествий, и отсутствия научно обоснованной методики оценки влияния геометрических параметров, других характеристик дорожных условий на возникновение конкретного дорожно-транспортного происшествия.

Значение конструкции дороги, ее технических параметров и состояния для безопасности дорожного движения очень важны. Исследования показывают, что многие технические параметры дороги такие как: интенсивность движения, ширина проезжей части, ширина полосы закругления, величина радиусов закругления, видимость, подъемы и другие, не соответствуют современным требованиям. Но еще более влияния на безопасность оказывает состояние дорог: ровность дорожного покрытия, скользкость (величина коэффициента сцепления), состояние обочин, уменьшение проезжей части и полосы движения, обустройство дороги, обеспечение видимости и других (таблица 3.11).

Таблица 3.11 – Распределение ДТП из-за дорожных условий, %

Дефекты дороги	%
Скользское покрытие	48,5
Покрытие с неровностями	13,5
Недостаточная ширина и плохое содержание дороги	5,9
Отсутствие тротуаров и пешеходных дорожек	2,9
Отсутствие удерживающих ограждающих устройств	1,4
Недостаточное освещение проезжей части	1,4
Сужение проезжей части дорожно-строительными машинами, материалами и другими предметами	2,7
Отсутствие знаков в необходимых местах	4,6
Плохое содержание дорог в зимнее время	5,5
Другие причины	13,6

3.6.2. Явления погоды, особо опасные для безопасности движения

К таким явлениям относятся: метели (с выпадением снега продолжительностью 12 часов и более, при скорости ветра 15 м/с и более, а также метели, ухудшающие видимость до 50 м и менее); снегопады (при количестве выпавших осадков 20 мм и более за 24 часа и менее); туман (при видимости 50 м и менее продолжительностью 24 часа и более, вызывающий прекращение движения на автомобильных дорогах); гололедица

(вызывающая прекращение движение транспортных средств на шоссейных дорогах); дождь (с количеством осадков 30 мм и более за 12 часов, и менее в селевых и ливневых районах, 50 мм и более за 12 часов и менее, на остальных территориях, ливневый 20 мм за час и менее); ветры (при средней скорости 25 м/с и более и при порывах 30 м/с и более).

Пыльные бури, высокие уровни вод, селевые потоки, сходы снежных лавин и другие погодные условия усложняющие условия движения, естественно снижают уровень безопасности дорожного движения.

Рост интенсивности движения на современных дорогах приводит к повышению требований по уровню безопасности движения и пропускной способности в различные сезоны года. Одним из самых сложных и ответственных в работе дорожных организаций является зимний период. Обеспечение безопасности движения в сложных погодных условиях (зимняя скользкость, снегопады, метели и т.д.) - одна из основных задач дорожно-эксплуатационных подразделений.

Как показывает анализ, до 8% от общего количества транспортных происшествий происходят по причине неблагоприятных дорожных условий. Из этого количества около 50 % ДТП происходят в зимний период и имеют основной причиной низкие сцепные качества дорожного покрытия. Для поддержания определенного состояния проезда по дорогам и обеспечения безопасности движения в сложных погодных условиях в зимний период проводится комплекс работ по содержанию дорожных покрытий, искусственных сооружений, элементов обустройства. Современные нормативные документы ограничивают время на ликвидацию последствий неблагоприятных погодных явлений, в связи с чем, актуальными задачами научных исследований являются совершенствование оперативного управления работами по борьбе с зимней скользкостью, выбор оптимальных по погодным условиям технологий проведения работ.

При решении задач управления работами по зимнему содержанию автомобильную дорогу рассматривают как элемент сложной системы ВТСД (Водитель – Транспортное средство – Дорога), которая является открытой, т.е. зависит от внешней среды и функционирует под воздействием ее элементов. Для получения эффективных управленческих решений, обеспечивающих высокий уровень безопасности движения в сложных погодных условиях необходим учет влияния «Среды» на автомобильную дорогу, которое характеризуется воздействием большой группы параметров - погодно-климатических факторов. Оценка эффективности любых мероприятий производится по комплексу выходных параметров системы ВТСД, среди которых безопасность движения играет все возрастающую роль.

Уровень безопасности движения и возможность возникновения транспортных происшествий зависит от состояния дорожного покрытия, комплекса метеорологических факторов, продолжительности нахождения дорожного покрытия в условиях зимней скользкости. Определенное влияние

на него оказывают технологии проведения работ, используемая дорожная техника. Влияние этих факторов обусловлено низкой скоростью движения машин, габаритами навесного оборудования. Их необходимо учитывать на дорогах с высокой интенсивностью движения.

В процессе проведения исследований классифицированы технологии (стратегии) проведения работ, краткая характеристика которых представлена в таблице 3.12.

Таблица 3.12 – Характеристика возможных стратегий проведения работ по зимнему содержанию автомобильных дорог

Стратегия	Наименование	Описание технологии выполнения работ
I	Ликвидация зимней скользкости	По образовавшемуся слою ледяных отложений распределяются ПГМ с нормами, достаточными для перевода отложений в другое агрегатное состояние
II	Профилактика зимней скользкости	До образования скользкости производится распределение ПГМ с уменьшенными нормами для предотвращения образования скользкости
III	Удаление рыхлого снега с покрытия	Производится патрульная снегоочистка при выпадении осадков и механическая очистка рыхлого снега с покрытия после их окончания
IV	Профилактика образования снежного наката	Распределение ПГМ во время снегопада для недопущения уплотнения и сохранения снега в рыхлом состоянии с последующей механической очисткой
V	Распределение фрикционных материалов	Фрикционные материалы в чистом виде или в смеси с ПГМ распределяются по слою снежно – ледяных отложений, когда использование ПГМ в чистом виде не эффективно

Анализ существующих методов оценки безопасности дорожного движения показал, что для количественной оценки этого выходного параметра системы оперативного управления работами по зимнему содержанию дорог может быть использован метод итоговых сезонных коэффициентов аварийности. Итоговый коэффициент аварийности представляет собой произведение частных коэффициентов, учитывающих влияние на уровень аварийности отдельных дорожных условий:

$$K_{итог} = K_1 K_2 \dots K_n$$

Сезонные коэффициенты аварийности учитывают влияние неблагоприятных погодных факторов и кратковременное изменение дорожных условий.

Для учета влияния на уровень безопасности дорожного движения дорожных, погодных условий и различных стратегий производства работ предлагается вводить поправочные коэффициенты для зимнего периода, для параметров, перечень которых приведен в таблице 3.13.

Таблица 3.13 – Частные сезонные коэффициенты, которые необходимо учитывать при оценке безопасности движения в сложных погодных условиях в зимний период

Частый коэффициент аварийности, учитывающий погодные и дорожные условия	Стратегия производства работ	Примечания
Интенсивность и состав движения для зимнего периода	I, II, III, IV, V	
Ширина полностью очищенной проезжей части	I, II, III, IV	При современных требованиях к уровню содержания дорог (очистка проезжей части на полную ширину) поправочный коэффициент может не вводиться
Уменьшение ширины обочин за счет образования снежных отложений	III, IV I, II, III, IV	На период проведения работ, до окончания очистки обочин. Для дорог, на которых в зависимости от принятого уровня содержания допускается очистка обочин не на всю ширину
Скользкое покрытие	I, II, III, IV, V	Значение поправочных коэффициентов зависит от состояния покрытия, вида зимней скользкости

Указанные в таблице поправочные коэффициенты учитываются для всего участка автомобильной дороги. При оценке безопасности движения необходимо отдельно анализировать пересечения, примыкания и искусственные сооружения. Эти участки дорог требуют специального исследования, как наиболее характерные и опасные на дороге и имеющие особенности технологий снегоочистки и ликвидации скользкости в виде стекловидного льда.

По итоговому коэффициенту аварийности ($K_{итог}$) возможное число ДТП (Z) на 1 млн•авт•км можно оценить по эмпирической формуле, которая

учитывает интенсивности движения и продолжительность воздействия неблагоприятных погодных факторов:

$$Z = 2 \cdot 10^{-5} K_{\text{итог}}^{0,373} N t_i L$$

где $K_{\text{итог}}$ - итоговый коэффициент аварийности, вычисленный для зимнего периода и для соответствующих каждой стратегии производства работ дорожных условий;

N - интенсивность движения, авт/ч;

t_i - продолжительность нахождения покрытия дороги в неблагоприятном состоянии, ч;

L — длина участка дороги, км.

Разработанная методика проведения расчетов по оценке безопасности движения в сложных погодных условиях использовалась при решении задач развития систем погодного дорожного мониторинга. Во всех этих расчетах безопасность движения выступала в качестве одного из выходных параметров системы ВТСД.

Для учета влияния технологии работ на уровень безопасности движения в соответствии с данными таблиц 1 и 2 выявлен комплекс параметров и их влияние на безопасность движения, которые будут изучены в ходе дальнейших исследований по организации дорожного движения в сложных погодных условиях.

Перечень параметров приведен в таблице 3.14.

Таблица 3.14. – Параметры, влияющие на безопасность дорожного движения при проведении работ по зимнему содержанию дорог

Параметры, влияющие на безопасность движения	Стратегия
Скорость движения распределителя противогололедных материалов, отряда машин при патрульной снегоочистке	I, III, IV, V
Повышения риска столкновения со встречным автомобилем при обгоне на скользком покрытии	I, IV, V
Повышения риска столкновения со встречным автомобилем при обгоне отряда машин проводящих патрульную снегоочистку	III
Ширина распределения противогололедных материалов	I, IV, V
Время нахождения покрытия в скользком состоянии	I, III, IV, V
Снижение видимости встречного автомобиля при выпадении осадков	III, IV
Снижение видимости встречного автомобиля при снегоочистке	III

3.7. Результаты аттестации внутрихозяйственных дорог по предотвращению дорожно – транспортных происшествий

3.7.1. Оценка состояния внутрихозяйственных дорог

Учитывая, что состояние внутрихозяйственных дорог в различных регионах страны примерно одинаково, для наших исследований выбираем Жуковский район Брянской области.

Документальное изучение транспортных происшествий в агропромышленном комплексе Брянского региона позволили установить их причины. Из материалов расследования установлено, что наибольшее число происшествий произошло по причине нарушения водителями – операторами правил дорожного движения, неудовлетворительного состояния полотна дорог, нарушения требований безопасности при эксплуатации транспортных средств (рисунок 3.16).

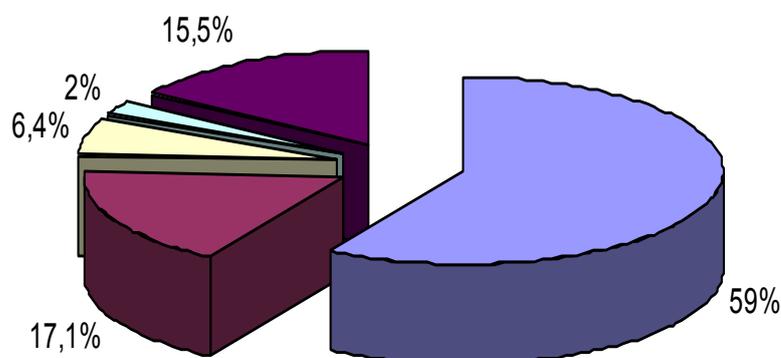


Рисунок 3.16 – Причины транспортных происшествий в агропромышленном комплексе ЦФО, %:

нарушение правил дорожного движения – 59%; неудовлетворительное состояние полотна дорог – 17,1%; эксплуатация неисправных транспортных средств – 6,4; конструктивные недостатки машин – 2; нарушение требований безопасности при эксплуатации транспортных средств – 15,5.

Транспортные происшествия из-за дорожных условий произошли по причине скользких мест полотна дороги, неровного дорожного покрытия, недостаточной ширины дороги и других (рисунок 3.17).

Документальное изучение материалов расследования транспортных происшествий позволило выбрать для оценки состояния дорог сельскохозяйственные предприятия, в которых произошли типичные транспортные происшествия (подъем по мокрой дороге с глубокой колеёй, буксование, занос, опрокидывание).

Земли этих предприятий расположены на Среднерусской возвышенности, подъезды и дороги к сельскохозяйственным полям и производственным зданиям разделены длинными оврагами, глубокими

балками, крутыми склонами по берегам нешироких рек. Дороги обследовались в период посевных и уборочных работ, когда движение на дорогах становится наиболее интенсивным. В этот период водители и механизаторы, стремясь быстрее убрать урожай, выбирают для проезда более короткий не везде безопасный путь.

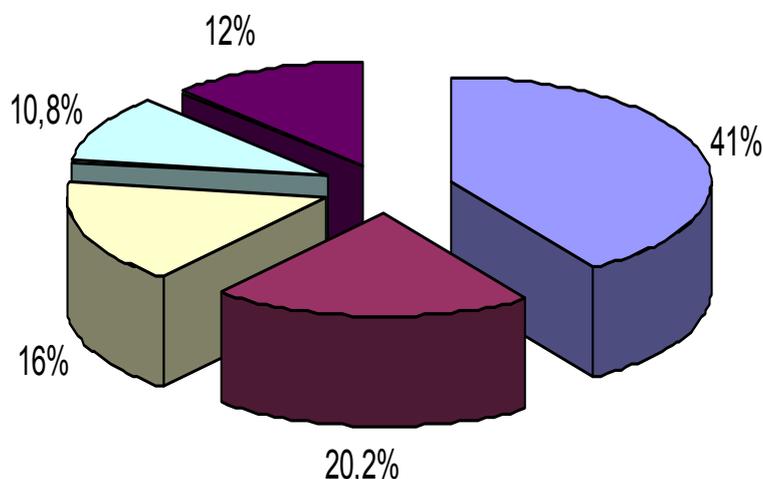


Рисунок 3.17. Распределение дорожно-транспортных происшествий из – за дорожных условий, %:

скользкие места – 41%; неровности дорожного полотна – 20,2%; недостаточная ширина и плохое содержание дороги – 16%; недостаточное освещение проезжей части – 10,8%; другие причины – 12%.

Эти хозяйства имеют набор автомобилей, тракторов, комбайнов и других сельскохозяйственных машин, типичный для сельскохозяйственного предприятия. В хозяйствах имеется широко распространенная техника, выпускаемая промышленностью для земледелия, в том числе автомобили КАМАЗ, ГАЗ, ЗИЛ и легковые автомобили. Результаты анализа представлены на рисунке 3.18.

Анализ соответствия характеристик дорог техническим характеристикам сельскохозяйственных мобильных и транспортных средств (числовые значения дорожного просвета, (клиренс), ширины колеи, ширины прицепных и навесных сельскохозяйственных машин, угол подъема, преодолеваемого транспортными средствами в полном снаряжении, длины транспортного средства, в том числе в составе агрегата) показал, что состояние дорог этих предприятий не соответствует техническим характеристикам применяемых транспортных средств и мобильных агрегатов.

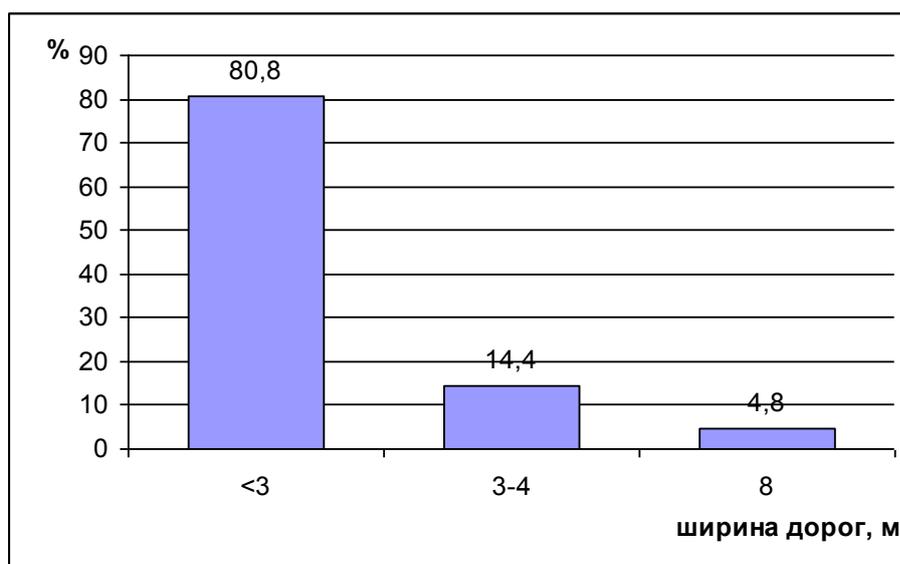
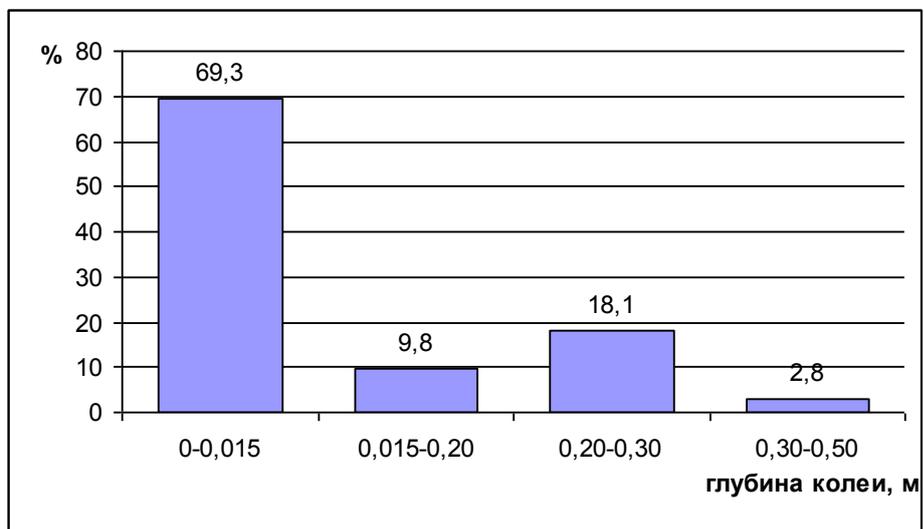
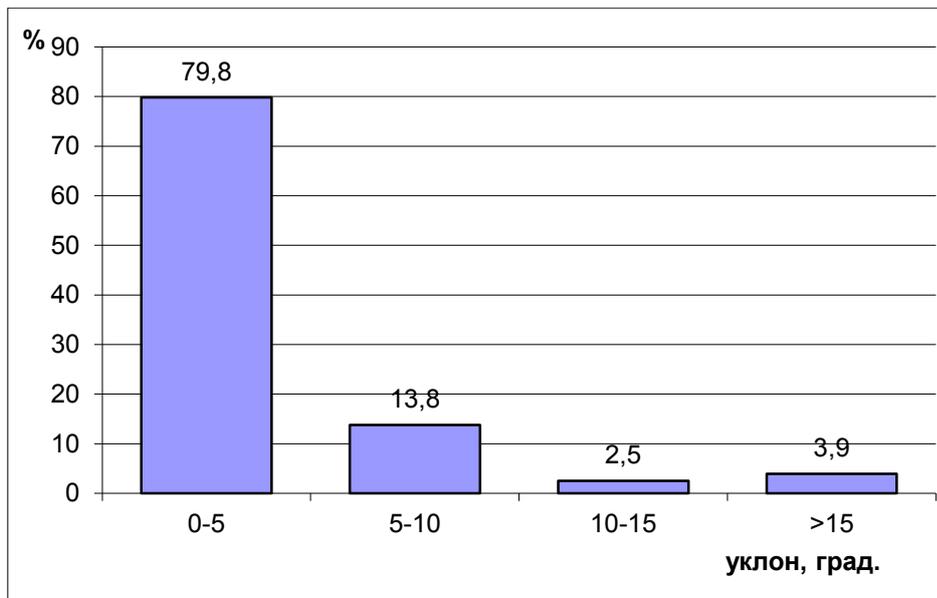


Рисунок 3.18 – Анализ состояния межхозяйственных дорог Жуковского района Брянской области

Глава 4. Обращение с отходами автотранспортных средств

4.1. Загрязнение поверхности и отчуждение земель

В процессе человеческой деятельности наибольшей трансформации подвергается верхний поверхностный слой Земли – природный ресурс, включающий в себя кроме почвы географическое пространство с определенными координатами и социально-экономическим потенциалом.

Почва (по В. И. Вернадскому) – биокосное тело природы, занимающее промежуточное положение между биологическими организмами и косными телами (горные породы, минералы), является гигантской экологической системой, активно участвует в круговороте веществ и энергии в природе, поддерживает газовый состав атмосферы.

Важнейшее свойство почвы – плодородие (способность обеспечить рост и размножение растений) нарушается в результате антропогенной деятельности: перевыпас скота, вспахивание, выращивание монокультур, уплотнение, нарушение гидрологического режима (уровня грунтовых вод), загрязнение. В связи с тем, что почва - основа биологического круговорота, она становится источником миграции загрязненных веществ в гидросферу, атмосферу, продукты питания (через растения и животных).

Основными источниками загрязнения почвы, связанными с деятельностью АТК, являются:

- аэрозоли, другие частицы, содержащиеся в ОГ двигателей и выделяемые при износе трущихся деталей, тормозных накладок, шин, разрушении дорожного полотна;
- свалки отработанных аккумуляторов, изношенных шин, кузовов, строительного мусора, хранилища ГСМ, ядовитых отходов производства;
- противогололедные вещества;
- отработавшее масло, другие вещества, образующиеся в результате нарушения регламентов технического обслуживания техники;
- сточные воды;
- аварии транспортных средств.

Загрязнение поверхности земли транспортными и дорожными выбросами накапливается постепенно и сохраняется долгое время, и после ликвидации дороги. Из общего количества выбросов твердых частиц 25% остается до смыва на проезжей части, 75% распределяется на поверхности прилегающих территорий, включая обочины.

Наиболее распространенными транспортными загрязнителями являются свинец, кадмий, цинк, никель, медь, хром.

Тяжелые металлы (из воздуха) интенсивно адсорбируются древесной растительностью, снеговыми осадками. С осадками и растительностью тяжелые металлы добавляются в почву. Их количество сопоставимо с

годовым поступлением этих веществ в почву при непосредственном (гравитационном) осаждении пыли. Поэтому опавшая листва, деревья, снег должны утилизироваться, а не сжигаться на месте или сбрасываться в водоемы.

Применение противогололедных смесей на магистралях ведет к повышению содержания воднорастворимых солей (хлоридов калия и натрия) в почве на 2...3 порядка. Это, а также загрязненный воздух являются причиной того, что древесные насаждения вблизи магистралей находятся в угнетенном, критическом состоянии (в Москве их 65%) и затем гибнут.

Значительны, особенно в городах, объемы твердых и жидких отходов производственной и транспортной деятельности.

Средства защиты земли. Для защиты почв, лесных угодий, грунтовых вод от тяжелых металлов, твердых и жидких отходов используются различные мероприятия.

Захоронение на свалках (рисунок 4.1) – самый распространенный способ избавления от отходов.

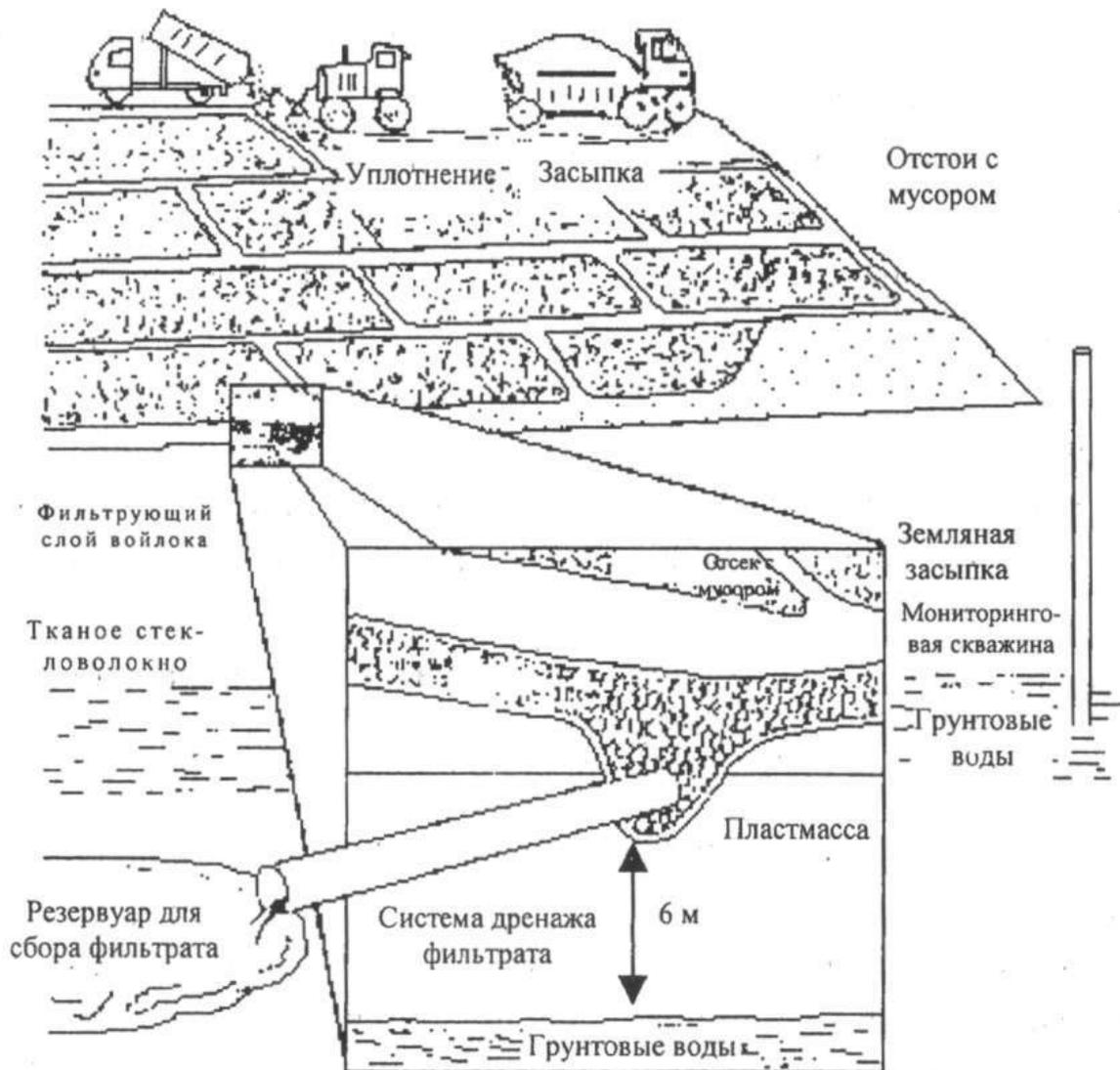


Рисунок 4.1 – Схема организации свалки с защитой грунтовых вод

Переработка промышленных отходов физико – химическими методами производится на специальных полигонах. Осуществляется сбор, обезвреживание и захоронение токсичных отходов, содержащих ртуть, мышьяк, свинец, цинк, олово, кадмий, никель, сурьму, висмут, кобальт, отходы гальванического производства, органические растворители, пластмассы, нефтепродукты.

Производят термическое обезжиривание с утилизацией теплоты, прокаливание песка и формовочных смесей, затаривание отходов в герметичные контейнеры и их захоронение.

Осадки сточных вод очистных сооружений обезвреживаются в следующей последовательности:

- уплотнение осадков гравитационным или флотационным методом;
- стабилизация осадков для разрушения биологически разлагаемой части органического вещества в аэротенках;
- кондиционирование осадков для разрушения коллоидной структуры - тепловая обработка, замораживание, электрокоагуляция;
- обезвоживание осадков для получения полидисперсной твердой фазы до 80%;
- утилизация, захоронение осадков (в накопителях или земляных пустотах).

Термическая переработка отходов на мусоросжигательных заводах с рекуперацией тепловой энергии обеспечивает высокую степень деструкции отходов, но высоки издержки.

Специальные технологии по сбору с сортировкой по веществам и переработке отходов, повторное использование материалов.

Безотходное производство – принцип организации и функционирования производства, в котором рационально используются все компоненты сырья и энергии в замкнутом цикле (первичные сырьевые ресурсы – производство – потребление – вторичные сырьевые ресурсы) без нарушения сложившегося экологического равновесия в биосфере.

Отчуждение земли и ландшафтное загрязнение. Существование дорожной сети, других объектов АТК выводит из сельскохозяйственного оборота.

Ландшафтное загрязнение при прокладке автомагистралей проявляется в том, что дороги расчленяют сложившийся ландшафт, нарушая его культурную и эстетическую ценность, пути миграции животных. Это приводит к сокращению численности и исчезновению популяций отдельных видов животных (явление фрагментации). использования значительные территории, занимаемые непосредственно дорогами, полосами отвода, стоянками для хранения техники, сетью топливораспределения. В городах под транспортными коммуникациями, площадками для хранения, стоянками ТС находится до 30% площадей.

Прокладка дорог нарушает аэрационные и гидрологические режимы почвы: изменяется уровень грунтовых вод, нарушается поверхностный сток.

Дорожное покрытие способствует образованию потоков дождевой или талой воды, что приводит к интенсивной эрозии, способствует переносу загрязнителей в водоемы.

4.2. Обращение с отходами в зарубежных странах

К числу объектов, отрицательно влияющих на окружающую среду, относятся отходы автотранспортных средств (ОАТС): изношенные автомобили и их заменяемые детали (шины, аккумуляторы, корпуса, рамы, агрегатные узлы и другие). Известно, что основа отходов легкового автомобиля, например, массой 800 кг – черные и цветные металлы, составляющие соответственно 71,1 и 3,4% его веса, полимерные материалы – 8,5%, каучук – 4,7%, стекло – 4%, бумага и картон – 0,5%, прочие материалы, в том числе и опасные химические соединения, – 7,8%.

Проблема переработки ОАТС стоит остро для многих стран. В странах Евросоюза отходы автотранспортных средств формируются в самостоятельный поток. Обращение с ними четко регламентируется нормативно – правовыми актами и контролируется государственными органами, регулируется экономически - предприятия несут ответственность за переработку выпущенной ими продукции. Необходимые средства на переработку отходов выделяются государством (за счет сбора налогов с владельцев автомобилей и фирм-импортеров) и аккумулируются в специальных экологических фондах на местном и федеральном уровне.

Среди экономически развитых стран не существует единства мнений о выборе путей решения данной проблемы. Одни, например Швейцария, считают экономически целесообразной схему обращения с ОАТС, основанную на селективном сборе и переработке легкоутилизируемых материалов. Это позволяет перерабатывать до 75% ОАТС, оставшиеся 25% отходов размещаются на свалках или сжигаются вместе с твердыми бытовыми отходами. Другие страны (Германия, Италия) добиваются максимальной переработки ОАТС (по отдельным материалам до 99%), используя рециклинг, внедрение новых безотходных технологий и стандартизации производимой продукции.

По международным нормам допустимым сроком эксплуатации легковых автомобилей считаются 10 лет, после чего они должны направляться на переработку. В Швейцарии, где ежегодно образуется порядка 250 тыс. старых легковых автомобилей, схема организации потоков ОАТС (рисунок 4.2), как правило, начинается с площадок сбора отходов.

Демонтаж автомобилей и селективный сбор материалов с выделением опасных отходов производят ремонтные мастерские, имеющие государственную лицензию на выполнение работ данных видов. Из общего потока ОАТС отбираются кондиционные узлы и детали (для рециклинга или продажи), аккумуляторы, изношенные шины. Остальные отходы (кузова, рамы и другие крупногабаритные части автомобиля) последовательно обрабатываются с помощью прессования, резки, дробления, получаемая при этом измельченная фракция подвергается сепарации магнитными улавливателями

для отделения металлолома. Далее собранные в отдельные потоки ОАТС направляется на переработку.

Металлолом сортируется на черные и цветные металлы, которые в дальнейшем поступают на переплавку. Таким образом перерабатываются 114 тыс. т черных и 12 тыс. т цветных металлов в год, что составляет 15% всего объема выплавляемого металла в Швейцарии.



Рисунок 4.2 – Схема организации потоков ОАТС в Швейцарии

Ежегодно на внутренний рынок Швейцарии поступают 3,5 млн новых шин. Ресурс пробега каждой шины составляет 40 тыс. км, после чего она изымается из дальнейшей эксплуатации. Такая ситуация способствует накоплению 50...60 тыс. т изношенных шин, из которых 21 тыс. т экспортируются для переработки в другие страны, 17 тыс. т сжигаются на асфальтобетонных заводах, 12 тыс. т после измельчения используются в качестве шумопоглощающего материала при строительстве автодорог, укладке железнодорожных и трамвайных путей, и только небольшая часть из них рециклируется.

В Швейцарии ежегодно образуется около 700 тыс. т отработанных аккумуляторов. Содержащиеся в них кислоты (4 тыс. т) подвергаются нейтрализации. Свинец, связанный с сурьмой (8 тыс. т), вывозится для переработки в другие страны, а полимерные отходы (1,4 тыс. т) уничтожаются путем высокотемпературного сжигания.

Измельченный остаток ОАТС размещают на городских свалках или

сжигают, добавляя к ТБО в количестве, равном 5% их общей массы. Образующиеся при этом шлаки содержат большое количество тяжелых металлов. Для снижения токсичности отходов все больше внимания при разборке автомобилей уделяют извлечению опасных химических материалов (например, тяжелых металлов, хлорсодержащих полимеров и другие). Этому способствует соответствующая стандартизованная маркировка деталей на стадии их изготовления.

Одной из перспективных целей ЕС до 2015 г. в обращении с ОАТС являются максимальное применение рециклинга материалов и наиболее полная утилизация отходов (до 80% общей массы автомобиля).

4.3. Организационно-технологическая схема утилизации отходов

В общем виде схема утилизации представляет собой систему мер по управлению движением потоков ОАТС и комплексной их утилизации (рисунок 4.3).



Рисунок 4.3 – Организационно-технологическая схема утилизации отходов автотранспортных средств и транспортно-бытового обслуживания

Движение ОАТС начинается с площадок сбора данных отходов. Часть этих площадок, оснащенных резательным и прессовым оборудованием для предварительной обработки отходов (для повышения эффективности их хранения и транспортировки), может быть преобразована в сортировочно-накопительные склады. Последние необходимы как для квалифицированной сортировки отходов, зачастую обуславливающей эффективность их дальнейшей переработки, так и для исключения экологически опасных

компонентов ОАТС.

Продуктивное и взаимовыгодное функционирование площадок сбора отходов и соответствующих сортировочно-накопительных складов предполагает развертывание информационно-экспертной системы, определяющей структуру, характеристики и объемы вторичного сырья, необходимого переработчикам и другим потребителям.

Далее с помощью региональной биржевой системы инвентаризации и перераспределения вторичных ресурсов производится управление потоками собранных отходов по направлениям их технологической переработки.

4.4. Разборка автотранспортных средств, подлежащих утилизации

Разборка автотранспортных средств может рассматриваться как самостоятельное направление переработки ОАТС, особенно когда имеются постоянные потоки изношенных или некондиционных АТС. Все работы по разборке АТС на составные части (раму, кабину, двигатель, агрегаты, колеса и другие) должны проводиться на специализированных предприятиях.

Перед разборкой АТС целесообразно разделять на 4 технологических потока, различающихся конструктивным исполнением и возможностью использования специализированных постов их разборки: легковые автомобили, автобусы, грузовые автомобили, прицепы и полуприцепы. Указанные потоки неодинаковы по количеству, поэтому участки разборки, наряду со специализацией должны обладать и определенной универсальностью. Достаточная универсальность должна быть главным принципом организации работ и оснащения технологическим оборудованием всех разборочных участков предприятия. Например, на участке разборки прицепов и полуприцепов при незначительном его дооснащении можно разбирать и грузовые автомобили. Дооснащение касается лишь вспомогательного оборудования, и прежде всего дополнительного комплектования подъемно-транспортными средствами со специальными захватами для снятия двигателя, кабины и другие.

Разбираемые изделия можно подавать на участки и перемещать по ним пластинчатыми конвейерами, наиболее удобными для данного вида работ. Конвейеры разборочных цехов целесообразно оборудовать приводом с периодическим действием (перемещением). Это связано с возможностью достаточно широкого разброса трудоемкостей операций демонтажа.

Рабочие посты разборочных участков должны быть оснащены опрокидывателями, консольными, поворотными кранами, гайковертами различных мощностей и размеров, аппаратами резки металла. Последние используются, если резьбовые соединения не поддаются разборке с помощью гайковертов. Опрокидыватели необходимы для обеспечения доступа к АТС при снятии с них мостов, коробок передач, рулевых управлений и др.

4.5. Сортировка и утилизация резинотехнических изделий

Восстановление изношенных шин. В настоящее время в большинстве

развитых стран проблемы рециклинга изношенных шин (ИШ) привлекают все большее внимание (таблица 4.1).

Таблица 4.1 – Годовое количество шин в различных странах

Страна	Количество изношенных шин, тыс. т	Страна	Количество изношенных шин, тыс. т
США	2300	Франция	425
Япония	750	Великобритания	400
Германия	450	Россия	1000

Так, в странах Евросоюза восстанавливается около 15% ИШ для легковых машин и более 50% - для грузовых, что на 20% дешевле производства новых шин, без ухудшения их эксплуатационных характеристик. Особенно эффективно многократное восстановление крупногабаритных шин, поскольку эксплуатационные затраты на них часто превышают начальную стоимость автотранспорта.

Использование целых ИШ и их кусков. Зарубежные исследования показали, что шины практически не загрязняют воду и их прогнозируемая долговечность в спокойной воде достигает сотен лет, поэтому их применяют даже при создании искусственных нерестилищ для рыбы, а во Франции и для усиления грунта (успешно функционируют несколько сотен таких инженерных сооружений). При эколого – экономической экспертизе проектов следует рекомендовать проектировщикам использовать ИШ и их куски, что позволит добиться экономии финансовых средств в несколько раз, а первичных стройматериалов (цемента, щебня и другие) – в десятки раз. Особенно перспективны ИШ:

- для защиты от эрозии почвы и берегов (рекультивация оврагов, строительство дамб и других ограждающих сооружений);
- при строительстве мостов и водопропускных коллекторов в дорожной индустрии;
- при создании звукоизолирующих ограждений – экранов на автодорогах;
- для усиления слабых грунтов в инженерных сооружениях широкого профиля.

В комбинации с пластмассами из кусков ИШ можно изготавливать специальные маты и рукава для подпочвенных оросительных систем и сельскохозяйственного дренажа.

Использование измельченных вулканизаторов. Измельченные вулканизаторы (ИВ) используют в полимерных смесях для строительных и технических материалов, как добавки в дорожных покрытиях и в различных технологических процессах.

Измельченные вулканизаторы дисперсностью от 0,007 до 1,5 мм широко используются при изготовлении обуви, шин, резиновых покрытий, спортивных матов и дорожек, линолеумов, плиточных материалов, композитных материалов с термопластами, бикомпонентных наполнителей резинотехнических изделий (РТИ) и в качестве адсорбентов. В России

потребляется около 74 тыс. т/год ИВ, при расширении работ по их поверхностной модификации объемы применения значительно увеличатся.

Несмотря на увеличение стоимости работ от 10 до 100%, резиноасфальт имеет большую износостойкость – и морозостойкость, снижает шум и тормозной путь автомобиля. Билль о транспорте (США) поддержал применение резиноасфальта, что позволило использовать до 30% ИШ из накапливаемых ежегодно в США.

Крупнодисперсные и смешанные ИВ могут широко применяться в качестве мульчи для сельского хозяйства, поскольку лучше, чем органика, сохраняют влагу, и как добавка к компосту. Добавки ИВ перспективны при формировании поверхности искусственных и травяных спортивных полей с заданной эластичностью. Расширяется использование ИВ как сорбентов для химических и горючесмазочных отходов и загрязнителей.

Температурная деструкция ИШ и РТИ. Температурная деструкция имеет ограниченное применение, к ее основным видам относят пиролиз (высокотемпературный процесс деструкции молекул исходных веществ) и деструктивную гидронизацию (переработку в присутствии катализаторов при реакции гидрирования -расщепления молекул сырья с присоединением к ним водорода).

Использование отходов РТИ и шин в качестве энергоносителей. Сжигание ИШ энергетически неперспективно, так как для изготовления легкой шины требуется энергия, содержащаяся в 35 л нефти, а при ее сжигании возвращается энергия, эквивалентная лишь 8 л нефти, т.е. затраты на полимеризацию не восполняются. Однако сжигание шин в цементных печах снижает загрязнение окружающей среды и в ряде случаев экономически выгодно. В Японии переработка ИШ применяется на 20 из 45 цементных заводов, а в США планируется более 50% шин использовать с утилизацией тепла со средней эффективностью 8600 ккал/кг. Схема управления движением отходов РТИ показана на рисунке 4.4.

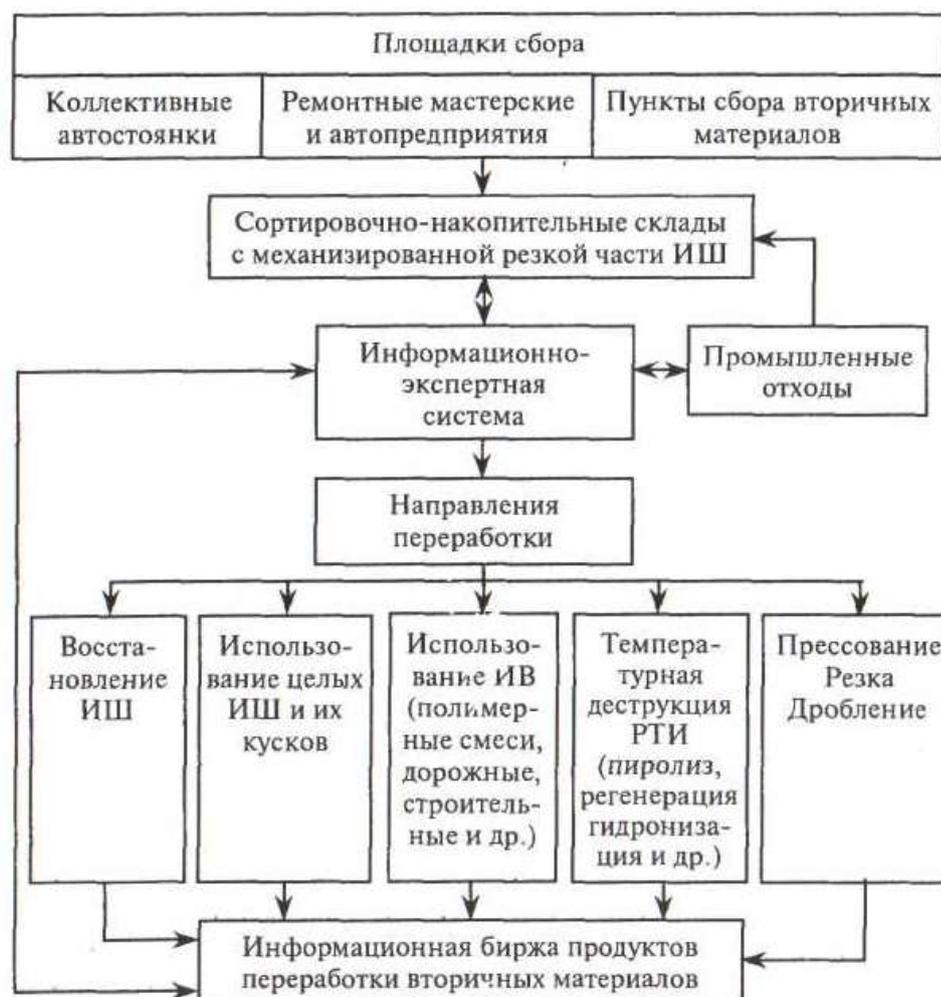


Рисунок 4.4 – Схема управления движением РТИ

4.6. Утилизация полимеров, содержащихся в отходах

Использование отсортированных термопластов. Рациональная организация заготовки вторичных термопластов должна отвечать следующим требованиям: четким ограничениям по ассортименту заготавливаемых отходов (при обеспечении допустимой загрязненности и соблюдении требований здравоохранения, охраны труда и пожарной безопасности), регламентации ответственности, прав и обязанностей всех участников процесса заготовки и переработки отходов, в том числе регламентации необходимых и стабильных экономических параметров.

В первую очередь необходим селективный сбор экологически опасных хлорированных термопластов (ПВХ), которые при неквалифицированном сжигании являются очагами диоксинового заражения и плохо совместимы по технологическим режимам переработки с другими полимерами. Практически любые отходы ПВХ можно считать вторичным сырьем, поскольку при длительном старении ПВХ изменению подвергаются лишь тонкие слои (до 0,5 мм), а основная масса ПВХ сохраняет свои свойства.

Разделение смешанных отходов термопластов по видам производят

следующими способами: флотационным разделением в тяжелых средах, аэросепарацией и химическими методами. Наиболее распространена флотация, позволяющая выделить ПВХ.

Использование смесей термопластов. Переработка смесей вторичных термопластов экономически обусловлена трудностью очистки и сортировки смешанных отходов, а также возможностью найти сбыт дешевых изделий из дешевого несортного сырья, имеющего большие колебания по составу.

Типичным сырьем этого вида являются, например, отходы искусственной кожи, многослойные упаковки, изношенные изделия, изготовленные из разных материалов, и т.п.

Смеси термопластов можно перерабатывать на стандартных литьевых машинах при соблюдении следующих условий:

- вторичное сырье должно иметь хорошую сыпучесть, чтобы гарантировать равномерное питание перерабатывающего оборудования;
- смесь термопластов не должна содержать металлических включений и жестких посторонних тел;
- для смесей термопластов, содержащих ПВХ, должно применяться оборудование в коррозионно – стойком исполнении.

Использование отходов реактопластов. Отходы реактопластов в общем объеме вторичных пластиков занимают небольшую часть, но ввиду особенностей своей переработки и использования выделены в отдельное направление. Из способов переработки реактопластов и полимерных композитных материалов (ПКМ) на их основе преимущество отдается измельчению на различных агрегатах. Применение дезинтеграторов-активаторов для переработки отходов ПКМ позволит получать порошки размером до 70 мкм, содержащих активные функциональные группы, что улучшает их совместимость с полимерными и минеральными композициями. Измельченные на дезинтеграторах отходы находят применение:

- в эпоксидных порошковых красках (замена оксида титана) для улучшения адгезионных и деформационно – прочностных характеристик покрытий;
- в составе фенопластов;
- в составе композиций для декоративных строительных плит и полимербетонов;
- в качестве добавок в полимерные связующие (до 7%).

Термодеструкция полимерных отходов. Совершенствование установок для сжигания бытового мусора позволило разработать методы пиролиза, позволяющие получать горючие и безвредные для окружающей среды газы с малыми объемами выбросов. Однако получаемые при этом пиролизные масла имеют очень сложный и нестабильный состав, содержат много воды и, следовательно, неконкурентоспособны.

Для получения высококачественных пиролизных масел необходимо выдерживать стабильные требования к отсортированному сырью с высоким содержанием углеводородов. Например, при переработке полимерных материалов применяют низкотемпературный жидкофазный пиролиз (500°C),

а при переработке смесей термопластов, кабельной изоляции и РТИ — высокотемпературный пиролиз (600...800сС), при этом оптимальная производительность обеспечивается лишь непрерывными методами.

4.7. Первичная переработка металлолома

Использование металлолома существенно снижает стоимость всей металлопродукции. По усредненным данным, при переплавке стального металлолома требуется только 25% энергии, затрачиваемой на выплавку стали из руды в домнах (конвертерах).

Для достижения наибольшего эффекта при использовании металлолома АТС, в первую очередь дорогостоящих легированных сплавов, необходима тщательная его сортировка на определенные группы, в которых все детали должны быть максимально близки по химическому составу металла. Такая сортировка достаточно сложна, но ее можно значительно упростить, соответствующим образом маркируя каждую деталь на стадии ее изготовления. Маркировка должна означать марку или шифр материала, из которого деталь изготовлена, по существующему стандарту на момент изготовления. Нанесение подобных меток на детали – обязательное условие производства на многих зарубежных фирмах, и не только автомобилестроительных. В результате при сортировке металлолома можно точно разделять детали по всем необходимым видам и маркам используемых материалов. Введение в процесс изготовления деталей сплошной их маркировки, безусловно, несколько удорожает продукцию, однако при этом снижаются последующие расходы на использование металлолома.

Первичное разделение металлолома АТС и других транспортно – бытовых отходов (ТБО) по группам сортов и марок металла целесообразно проводить в определенной последовательности, выполняя следующие вспомогательные виды работ: разборка, резка, прессование.

4.8. Информационно – организационные аспекты процессов обращения с отходами

Создание комплексной системы управления (КСУ) позволит эффективно регулировать материальные, финансовые и информационные потоки в обращении с ОАТС. Данная система должна аккумулировать четыре уровня управления объединенными потоками ОАТС и ТБО. транспортный, технологический, маркетинговый и административный.

В техническом плане предложенную систему управления можно охарактеризовать как многоуровневую АСУ ТП (рисунке 4.5).



Рисунок 4.5 – Общая схема информационных потоков принятия комплексных управленческих решений

Функционирование ее направлено на согласование административного и технологического управления информационными потоками, отображающими обращение ОАТС и ТБО, а на этой основе и соответствующими материальными и финансовыми потоками.

В качестве первоочередной задачи в проблеме совершенствования системы управления обращением с ОАТС и ТБО выдвигается создание средств информационной поддержки принятия решений в виде информационного инструмента, обеспечивающего согласованное взаимодействие всех уровней управления. Базовыми компонентами информационной среды, обеспечивающей достоверность, прогнозируемость и управляемость состоянием системы обращения с ОАТС, являются следующие группы программно – технических разработок:

- базы данных об отходах, технологиях, ресурсах, потребителях;
- базы данных об уровнях управления (транспортный, технологический, маркетинговый, административный) и типах мероприятий (удаление, утилизация, переработка);

- технологии поддержки принятия экспертных решений при комплексной оптимизации задач оперативного, текущего и перспективного планирования в обращении с ОАТС и ТБО.

Перспективной задачей совершенствования системы управления обращением с ОАТС и ТБО представляется развитие информационно-методических, маркетинговых, нормативно-правовых и организационных основ создания и функционирования рыночного инструмента регулирования индустрии вторичных ресурсов. Базовыми компонентами соответствующего экономического механизма являются следующие:

- развитие инфраструктурного сервиса для проведения коммерческих операций с товарами и финансовыми инструментами, отвечающими специфике обращения с ОАТС и ТБО, в целях максимального их вовлечения в процессы вторичного использования и минимизации загрязнения окружающей среды;

- реализация информационно – аналитического сопровождения, учета и контроля на рынке вторичных ресурсов.

Цель функционирования КСУ ОАТС и ТБО – минимизация объемов и массы накапливаемых и депонируемых отходов, снижение затрат на их транспортирование, максимальное вовлечение в дальнейшее производство в качестве вторичного сырья, снижение негативного воздействия на окружающую среду и предупреждение экологически неблагоприятных ситуаций. Народно – хозяйственное значение внедрения КСУ состоит в снижении потребления невозобновимых ресурсов, стимулировании перехода на ресурсосберегающие малоотходные технологии, снижении объема и массы отходов и как следствие транспортных расходов, расходов на депонирование и уничтожение отходов, в стабилизации и улучшении экологической обстановки.

Концепция создания КСУ ОАТС и ТБО базируется на оперативном анализе информации об отходах на стадиях образования, транспортирования, депонирования и использования. Благодаря этому возможно решение следующих задач:

- оценки и прогнозирования экологической обстановки;
- планирования природоохранной деятельности;
- создания биржи вторичных ресурсов и природоохранных инвестиций;
- лицензирования образования отходов;
- контроля за поступлением в бюджет доходов от природопользования и другие.

За основу разработки принята информационная парадигма поддержки формирования управленческих решений с помощью систем гибридного интеллекта. В качестве подобной системы наиболее

эффективны экспертные системы, особенностью которых является объединение знаний и опыта специалиста с возможностями ЭВМ. Объектом управления в этом вопросе выступает информация об отходах, которая должна носить полный и достоверный характер. Основой сбора и систематизации данных об отходах может служить стандартный унифицированный паспорт отхода, содержащий как минимум физико-химические характеристики отхода, данные о его количестве, технологии образования, месте образования, стоимости как вторичного сырья. Накопление и хранение данных об отходах осуществляется в базах данных ЭВМ. При объединении ЭВМ в сети появляется возможность создания распределенных баз данных и объединенных узлов принятия управленческих решений.

На концептуальном уровне структура управления отходами может выглядеть следующим образом. В зависимости от уровня и масштабов принимаемого решения задействуется локальная и глобальная вычислительные сети. Так, решение на уровне автотранспортного предприятия сводится к поиску экономически оправданной технологии транспортировки. На этом уровне достаточно информационно – справочной системы, хранящей данные о топологии маршрутов, а также о типах и объемах отходов.

На уровне согласования с доступными технологиями переработки и утилизации ОАТС и ТБО возникают задачи формирования потоков движения отходов, их оптимизации, выработки стратегии и тактики природоохранной деятельности. На этом уровне необходимо иметь достаточную информацию об отходах и технологиях их переработки и утилизации и решать задачи с помощью экспертных систем, вполне вероятно в режиме группового взаимодействия экспертов. В техническом плане проектирование и внедрение системы управления сводится к созданию:

- универсальной оболочки базы данных;
- системы извлечения экспертных знаний, базы данных и собственно экспертной системы;
- телекоммуникационной сети.

Преобразование информационных систем в экспертные предполагается вести эволюционным путем: на этапе создания баз данных вводятся средства извлечения экспертных знаний, проектируются формальные и неформальные модели принятия решений, отрабатываются средства взаимодействия экспертов с системой (интерфейс) и в системе между собой

4.9. Организационно – экономические методы регулирования процесса обращения с отходами

Как известно, ведущая роль в совершенствовании системы обращения с ОАТС отводится экономическим методам управления. Согласно предлагаемой схеме формирования бюджета системы управления

обращением с ОАТС и организационно-экономических отношений между ее элементами (рисунке 4.6) финансовые поступления в систему обращения с ОАТС составят перечисления залоговой стоимости экологической безопасности производителями и продавцами изделий, дотации из бюджета, кредиты, инвестиции из фондов, программ, от коммерческих структур и частных лиц, продажа акций.

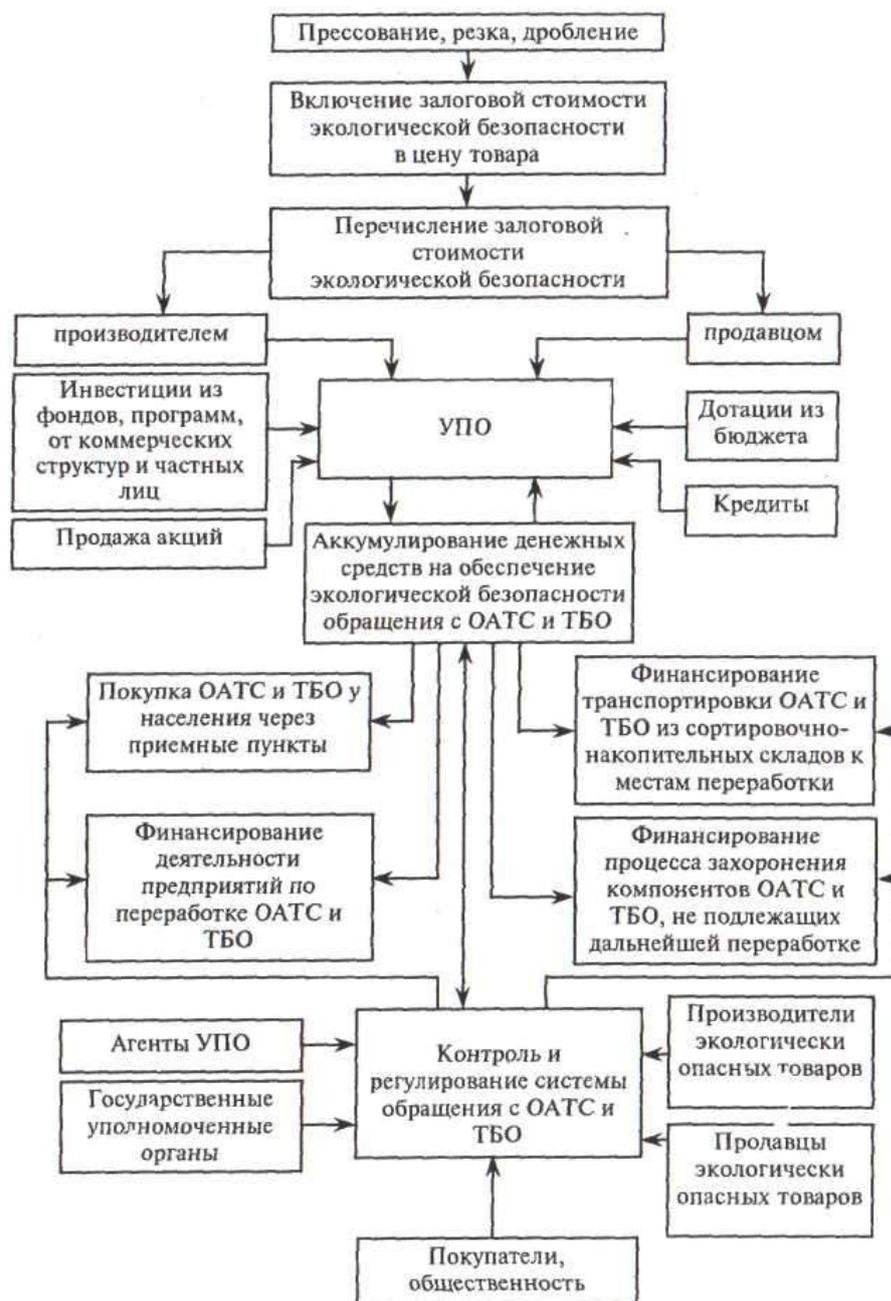


Рисунок 4.6 – Экономический метод регулирования процесса обращения с ОАТС и ТБО

Центральным (системообразующим) звеном системы является Управление проблемными отходами (УПО), аккумулирующее все финансовые поступления и распределяющее их по следующим направлениям финансирования:

- транспортировки ОАТС и ТБО из сортировочно-накопительных

складов к местам их переработки;

- процесса захоронения компонентов ОАТС и ТБО, не подлежащих дальнейшей переработке;

- деятельности предприятий по переработке ОАТС и ТБО;

- покупки ОАТС и ТБО у населения и сборщиков через приемные пункты.

Проблема обращения с опасными веществами, входящими в состав ОАТС, должна рассматриваться в контексте общих мер по переработке ТБО и обеспечению экологической безопасности промышленных изделий, содержащих токсичные компоненты. Например, изделия из ПВХ должны иметь соответствующую маркировку, а их отходы выделяться из остальных отходов и перерабатываться отдельно по специально разработанным технологиям. Наиболее рациональным способом уничтожения ПВХ является их сжигание при соответствующей очистке отходящих газов. Отходы, содержащие тяжелые металлы и их соединения (аккумуляторы, ртутные лампы, батарейки), следует собирать отдельно и направлять в переработку или захоранивать в соответствии с нормативными требованиями на полигоне опасных промышленных отходов.

Основной задачей совершенствования системы обращения с ОАТС и ТБО следует считать развитие комбинированного производства, в котором комплексно используется сырье и утилизируются отходы ОАТС и ТБО, включенные в состав сырьевой базы региона. В конечном счете, это позволит сократить объемы бюджетных дотаций, переключив их на финансирование мероприятий по предотвращению образования отходов. В этих целях необходимо использовать весь диапазон методов экономического стимулирования, включая преимущественное инвестирование, льготное кредитование и налогообложение.

В стратегии социально-экономического развития региона ОАТС следует рассматривать как часть его ресурсного потенциала, учитывая при этом возможности использования отходов в сложившихся ресурсных циклах или формирования новых циклов. Для эффективного использования экономических механизмов совершенствования системы обращения с ОАТС и ТБО необходимо:

- включать залоговую стоимость экологической безопасности в цену продукции;

- экономически стимулировать восстановление ранее существовавших и создание новых производств, использующие вторичное сырье из состава ОАТС и ТБО;

- инвестировать научно-исследовательские, проектные и конструкторские работы, направленные на совершенствование технологической базы системы обращения с потоками ОАТС и ТБО и развитие их рециклизации.

Особое внимание необходимо уделять выявлению и реализации возможностей формирования добавленных стоимостей в процессе рециклинга

ОАТС и ТБО, что даст, наряду с экологическим и экономическим, определенный социальный эффект, так как создаются дополнительные рабочие места.

Рециклизация – наиболее экономически и экологически эффективный способ решения проблемы ОАТС и ТБО. Процесс рециклизации отходов в законченном виде должен охватывать стадии их сбора, переработки и ликвидации свалок. В настоящее время рециклизация ОАТС и ТБО ограничена техническими возможностями перерабатывающих предприятий и потребностью региона во вторичном сырье. Следовательно, ее развитие связано с созданием современной инфраструктуры по переработке ОАТС и ТБО и расширением рынка вторичного сырья.

Таким образом, достижение финансовой устойчивости системы обращения с ОАТС и ТБО связано прежде всего, с развитием рынка вторичных ресурсов, совершенствованием технологии сбора, транспортировки и особенно переработки отходов, ориентированной на их максимальную утилизацию с постепенным переходом на этой основе к полной самокупаемости и отказу от бюджетного дотирования.

4.10. Загрязнение водных ресурсов и очистка сточных вод

Загрязнение водных ресурсов при взаимодействии ТС с окружающей средой наблюдается в основном на этапах изготовления, выполнения технического обслуживания и ремонта транспортной техники.

При изготовлении и ремонте ТС загрязнение воды происходит в результате гальванических операций и малярных работ.

На этапе выполнения технического обслуживания загрязнение сточных и поверхностных вод происходит в больших объемах и связано с процессами мойки агрегатов и деталей ТС, выполнением технологических операций (замена эксплуатационных материалов на определенном пробеге ТС), работами на производственных участках (моторном и малярном).

Необходимость периодической смены моторного масла, антифриза, аккумуляторных батарей нередко приводит к залповым выбросам этих эксплуатационных материалов (сливу их на землю или в канализацию) и загрязнению вод нефтепродуктами, растворами кислот и другими веществами.

На автозаправочных станциях в результате утечек топлива из резервуаров наблюдается образование «линз» углеводородов в фунтовых водах, очистка которых представляет достаточно сложную инженерную проблему.

В некоторых областях России в замкнутых системах водообеспечения предприятий после многократного (более 40 раз) использования вода становится радиоактивной.

Выбор методов и оборудования для очистки сточных вод осуществляется, исходя из количества сточных вод и диапазонов концентраций примесей.

Схема стандартной очистки сточных вод в замкнутых системах

водообеспечения приведена на рисунке 4.7.

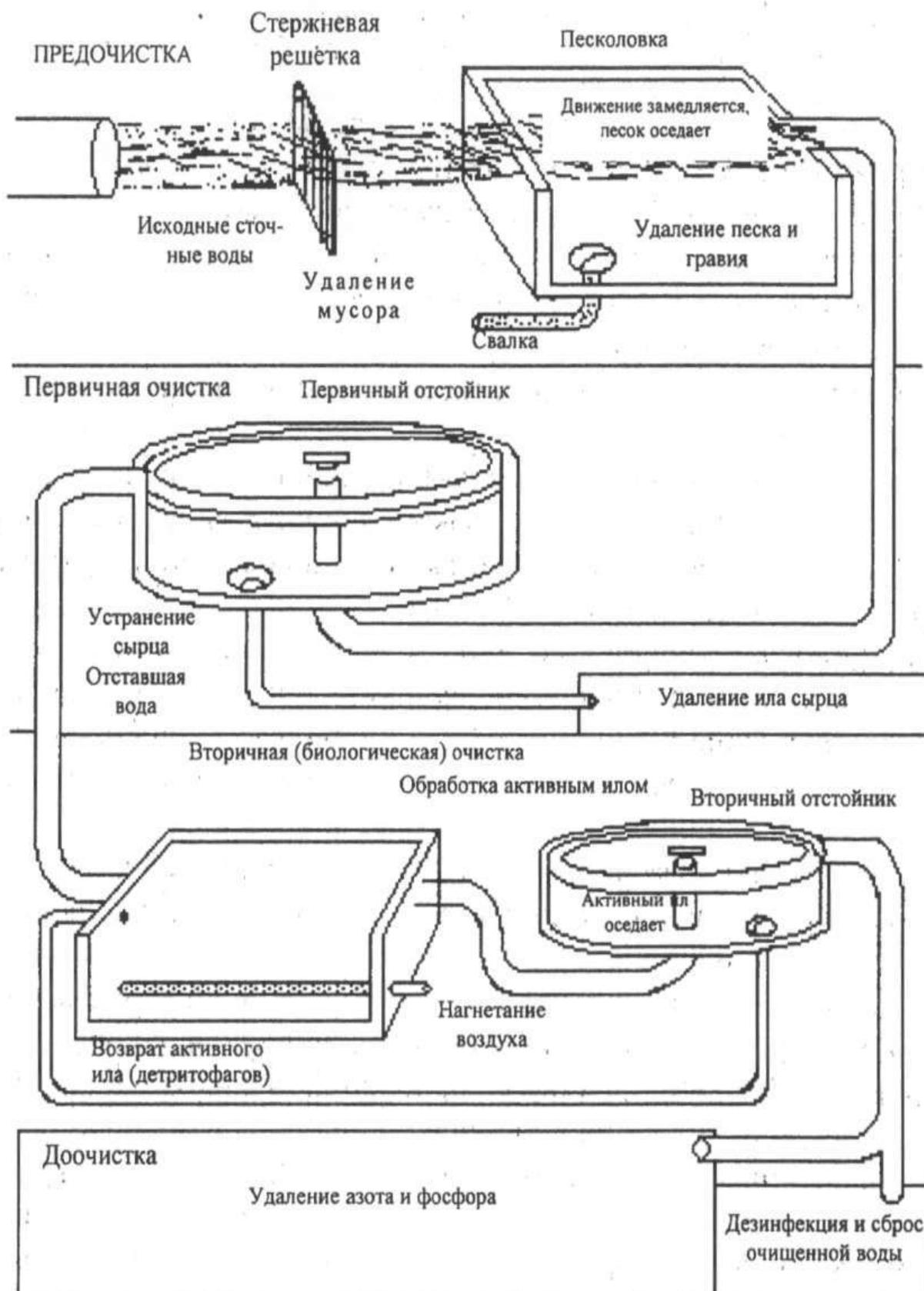


Рисунок 4.7 – Схема очистки сточных вод в замкнутых системах водообеспечения

Сточные воды от отдельных производств на предприятии объединяются для очистки по преобладающим загрязнителям и объемам:

- слабо загрязненные воды одного или нескольких видов примесей;
- цианосодержащие стоки;
- кислые стоки;
- щелочные стоки;
- сточные воды, содержащие нефтепродукты.

Методы очистки сточных вод разделяются на механические, биологические и физико – химические.

Механическая очистка. Очистка от взвесей осуществляется методами: процеживания, отстаивания, обработки в поле действия центробежных сил, фильтрования.

Процеживание реализуют в решетках (вертикальных или наклонных) с шириной пазов 15...20 мм. Осадок удаляют вручную или механически, который затем обрабатывается. Обычно используют комбинированные решетки –дробилки, которые не только улавливают крупные частицы, но и измельчают их до размеров 10 мм и меньше.

Отстаивание основано на свободном оседании (всплывании) примесей с плотностью больше (меньше) плотности воды. Процесс реализуют в песколовках, отстойниках и жиролоуловителях.

Песколовки (используют для очистки сточных вод от частиц металла и песка размером более 0,25 мм) бывают горизонтальные с прямолинейным и круговым движением воды, вертикальные и аэрируемые.

Отстойники (используют для очистки сточных вод от механических частиц размером до 0,1 мм и нефтепродуктов) бывают горизонтальные, радиальные и комбинированные.

При расчете отстойников определяют их длину и ширину при заданном расходе сточных вод

Очистку сточных вод в поле действия центробежных сил осуществляют в открытых или напорных гидроциклонах и центрифугах. Открытые гидроциклоны применяют для выделения из сточных вод крупных примесей со скоростью осаждения более 0,02 м/с.

Фильтрование применяют для очистки вод от тонкодисперсных примесей с малой концентрацией как на начальной стадии, так и после использования некоторых методов физико – химической и биологической очистки, сопровождающейся выделением в очищаемую воду взвешенных веществ.

Применяют два вида фильтров; зернистые (насадки несвязанных пористых материалов) и микрофильтры, фильтроэлементы которых изготавливают из пористых материалов

Для очистки сточных вод от масел используется в качестве фильтровального материала – пенополиуретан, который обеспечивает эффективность очистки 97...99% при скорости фильтрования до 0,01 м/с. Насадка легко регенерируется отжатием маслопродуктов.

Физико-химическая очистка. Используется для удаления растворенных примесей, взвешенных частиц (методом коагуляции). В оборотных системах водоснабжения применяются следующие методы очистки воды: флотация, экстракция, нейтрализация, сорбция, ионообменная и электрохимическая очистка, гиперфльтрация, эвапорация, выпаривание, испарение и кристаллизация.

Флотация сточных вод предназначена для интенсификации процесса всплывания маслопродуктов при обволакивании их частиц пузырьками воздуха, подаваемого в сточную воду. В основе процесса - молекулярное слипание частиц масла и пузырьков тонкодиспергированного в воде воздуха. Образование агрегатов «частица – пузырьки воздуха» зависит от их столкновения друг с другом и т. д.

В зависимости от способа образования пузырьков воздуха различают следующие виды флотации: напорная, пневматическая, химическая, вибрационная, биологическая, электрофлотация.

Последняя широко применяется в промышленности, так как электрохимические процессы обеспечивают дополнительное обеззараживание сточных вод. Образование дисперсной газовой фазы при электролизе воды сопровождается выделением H_2 , O_2 , N_2 , Cl .

Объем и площадь сечения флотационной камеры, объемную плотность тока рассчитывают, исходя из расходов газа и сточной воды, степени газонаполнения сточной воды, площади поверхности пенообразования.

Экстракция сточных вод основана на принципе перераспределения примесей сточных вод в смеси двух взаимно нерастворимых жидкостей (сточной воды и экстрагента).

Нейтрализация сточных вод используется для выделения кислот, щелочей, солей металлов на их основе. Процесс нейтрализации основан на объединении ионов водорода и гидроксильной группы в молекулу воды, в результате чего сточная вода приобретает значение $pH=6,7$ (нейтральная среда).

Нейтрализацию кислот и их солей осуществляют щелочами или солями сильных щелочей: едким натрием, едким калием, известняком, доломитом, мрамором, мелом, магнезитом, содой. Наиболее широко применяется гидроксид кальция (гашеная известь). Нейтрализация щелочей в сточных водах осуществляется кислотами.

На практике используют три способа нейтрализации кислотосодержащих сточных вод:

- фильтрационный (фльтрация через насадки кусковых или зернистых щелочных материалов);
- воднореагентный (добавление в сточную воду реагента в виде раствора или сухого вещества - извести, соды или шлака);
- полусухой (перемешивание концентрированных кислотосодержащих сточных вод (гальванического раствора) с сухим реагентом (известью, шлаком) с последующим образованием нейтральной тестообразной массы).

Сорбция применяется для очистки сточных вод от растворимых примесей. Сорбенты – любые мелкодисперсные материалы: зола, торф, опилки, шлаки, глина, активированный уголь.

Ионообменная очистка применяется для обессоливания и очистки сточных вод от ионов металлов и других примесей. Осуществляют ионитами – синтетическими ионообменными смолами, применяемыми в виде гранул размером 0,2...2 мм. Иониты изготавливаются из практически нерастворимых в воде полимерных веществ, имеющих подвижный ион (катион или анион), который при определенных условиях вступает в реакцию обмена с ионами того же знака, содержащимися в сточной воде.

Ионообменную очистку реализуют последовательным фильтрованием сточной воды через катиониты (в водородной форме) и аниониты (в гидроксильной форме).

Электрохимическая очистка сточных вод осуществляется электролизом и реализуется двумя путями: окислением веществ путем передачи электронов непосредственно на поверхность анода или через вещество - переносчик, а также посредством взаимодействия с сильными окислителями, образовавшимися в процессе электролиза.

Наличие в сточной воде хлорид – ионов обуславливает появление при электролизе активного хлора, который является сильнейшим окислителем и способен вызвать глубокую деструкцию многих органических веществ в сточных водах.

Окисление применяют для очистки сточных вод гальванических производств, содержащих простые цианиды (KCN, NaCN, KCN) или комплексные цианиды цинка, меди, железа. Осуществляется в электролизерах (обычно прямоугольной формы) непрерывного или периодического действия. На аноде происходит окисление цианидов с превращением их в малотоксичные и нетоксичные продукты (цианиты, карбонаты, CO₂, N₂), а на катоде - разряд ионов водорода с образованием газообразного H₂ и разряд ионов Cu, Zn, Cd, образующихся при диссоциации комплексных анионов с содержанием CN- группы.

Гиперфильтрация (обратный осмос) реализуется разделением растворов путем фильтрования их через мембраны, поры которых размером 10 Å пропускают молекулы воды, задерживая гидратированные ионы солей или молекулы недиссоциированных соединений.

По сравнению с другими методами гиперфлотация имеет малые энергозатраты, отличается простотой установок, фильтрат имеет высокую степень чистоты, а сконцентрированные примеси сточных вод легко утилизируются или уничтожаются.

Мембраны выбирают по селективности по отношению к ионам различных веществ.

Эвапорация реализуется обработкой паром сточных вод с содержанием летучих органических веществ, которые переходят в паровую фазу и вместе с паром удаляются из сточной воды. Осуществляется в испарительных

установках, где сточные воды нагреваются до 100°C. В результате летучие примеси испаряются.

Выпаривание, испарение и кристаллизацию используют для очистки небольших объемов сточных вод с большим содержанием летучих веществ.

Биологическая очистка. Применяется для выделения тонкодисперсных и растворенных органических веществ и основана на способности микроорганизмов использовать для питания органические вещества (белки, углеводы) в сточных водах.

Процесс реализуется в две стадии, протекающие одновременно, но с различной скоростью: адсорбция из сточных вод тонко дисперсных и растворенных примесей органических веществ, и разрушение адсорбированных веществ внутри клеток микроорганизмов за счет протекающих биологических процессов, - и зависит от видов организмов.

Биологическую очистку осуществляют в природных (поля фильтрации, орошения, биологические пруды размером до 6000 м²) и искусственных условиях (биофильтры). В качестве фильтровального материала применяют шлак, щебень, керамзит, пластмассу, гравий.

Существуют биофильтры с естественной подачей воздуха и суточным расходом до 1000 м³. С суточным расходом свыше 1000 м³ используются биофильтры с принудительной подачей воздуха. Нормальный ход процесса биоочистки устанавливается после образования на загрузочном материале биологической пленки, микроорганизмы которой адаптировались к органическим примесям сточных вод. Указанный период адаптации составляет 2...4 недели.

Аэротенки используют для очистки больших объемов сточных вод. Их окислительная мощность в сутки составляет 0,5...1,5 кг/м³. При биологической потребности в кислороде до 1,5 кг/м² применяют аэротенки с подачей сточной воды и активного ила в начало очистного сооружения.

Воздух, интенсифицирующий процесс окисления органики, распределяется равномерно по всей длине аэротенка. Диспергирование воздуха в очищаемой сточной воде осуществляется механическими или пневматическими аэраторами. Концентрация активного ила при очистке производственных сточных вод обычно составляет 2.3 кг/м² по сухому веществу.

Окситенки обеспечивают более интенсивный процесс окисления за счет подачи в них вместо воздуха технического кислорода и повышения концентрации активного ила. Реактор окситенка герметизируют, очищенная от окситенка сточная вода из реактора поступает в илоотделитель.

Список используемых сокращений

АТС – автотранспортное средство.

АТП – автотранспортное предприятие.

АСУД – автоматизированная система управления дорожным движением.

БДД – безопасность дорожного движения.

ГИБДД – государственная инспекция безопасности дорожного движения

ДВС – двигатель внутреннего сгорания.

ДТП – дорожно – транспортное происшествие.

КПД – коэффициент полезного действия.

КГ – картерные газы.

ЛОС – летучие органические соединения.

ПАУ – полиароматические углеводороды.

ПДК – предельно допустимая концентрация.

СПГ – сжиженный природный газ.

ОГ – отработавшие газы.

ТС – транспортное средство.

ТЭС – тетраэтилсвинец.

Список литературы

1. Аксенов И.Я. Транспорт и охрана окружающей среды. М.: Машиностроение, 1986.
2. Амбарцумян В.В., Носов В.Б., Тагасов В.И. и др. Под. ред. член.-корр. РАН, проф. В. Н. Луканина. – М.: Научтехлитиздат, 1999.
3. Амбарцумян В. В. и др. Безопасность дорожного движения. Под. ред. член.-корр. РАН, проф. В. Н. Луканина. Второе переработанное и дополненное издание. М.: Машиностроение, 1998.
4. Афанасьев Л.Л., Дьяков А.Б., Веремеенко И.И. Конструктивная безопасность автомобилей.- М.: Машиностроение, 1983. – 216 с.
5. Бусел, А. Б. Общая и прикладная экология дорожно- транспортного комплекса : учеб. пособие для студентов вузов / А. В. Бусел [и др.] ; под ред. Е. В. Кашевской. — Могилев : Белорусско-Российский университет, 2004. — 330 с.
6. Брагинский, О. Б. Мировой нефтегазовый комплекс / О. Б. Брагинский. — М.: Наука, 2004. — 227 с.
7. Биологический контроль окружающей среды. Биоиндикация и биотестирование / О.П. Мелехова [и др.]. М. : Академия, 2007.
8. Болин Б., Десса Б. Р. и др. Парниковый эффект, изменение климата и экосистем. М.: Гидрометеиздат, 1989.
9. Вернадский, В. И. Биосфера и ноосфера / Вернадский В. И. - М.: Наука, 1989. - 261 с.
10. Ветошкин А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды. М.: Высшая школа, 2008.
11. Горбунов В. В. Токсичность. Двигатель внутреннего сгорания Перу –Вима, 1993.
12. Глухов в.в и др. Экономические основы экологии. С-Пб.: Специальная литература, 1995.
14. Гранин Л.С., Арсенов В.В. Экономика природопользования. Саратов: Ареал, 1995.
15. ГОСТ 2084-77 Бензины автомобильные. Технические условия. 1977.
16. ГОСТ 305-85 Топливо дизельное. Технические условия. 1985.
17. Дьяков А. В., Вздыхалкин В. Н., Рузский А. В. Экологическая безопасность автомобиля. М.: МАДИ, 1984.
18. Жегалин О. И., Лупачев П. Д. Снижение токсичности автомобильных двигателей. Н.: Транспорт, 1985.
19. Звонов В. А. Токсичность двигателей внутреннего сгорания. М.: Машиностроение, 1973.
20. Иванов В.Н., Ерохов В.И. Экономия топлива на автомобильном транспорте. М.: Транспорт, 1984.
21. Иванов В.Н., Сторчевус В.К. Экология и автомобилизация. Киев.

Будивэльнык, 1990.

22. Инженерная экология и экологический менеджмент. Под ред. Н.И. Иванова и И.М. Федина. – М.: Логос, 2004

23. Кривошеин Д. А. Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / Д. А. Кривошеин [и др.] ; под ред. Л. А. Муравья. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2000. - 447 с.

24. Круглов М. Г. Двигатель Стирлинга. М.: Машиностроение. 1977.

25. Крузе А.О., Крузе О.О. Статистическая оценка шума автомобиля // Автомобильные перевозки, организация и безопасность дорожного движения. М.: МАДИ. 1981.

26. Луканин В. Н., Гудцов В. Н., Богаров. Снижение шума автомобиля М.: Машиностроение. 1981.

27. Луканин В.Н. Оценка выбросов вредных веществ автомобильным парком. М.: МАДИ. 1995.

28. Луканин В.Н., Трафименко Ю.В. Снижение экологической нагрузки на окружающую среду при работе автомобильного транспорта. // Итоги науки и техники. Сер. Автомобильный и городской транспорт. М.: ВИНТИ. 1996.

29. Львовская К.Б., Ронкин Г.С. Окружающая среда, рынок и регион. М.: Наука. 1993.

30. Охрана окружающей среды. Под. ред. Белова С.В. М.: Высшая школа. 1991.

31. О окружающей природной среды г. Москвы в 1996 г. Государственный доклад. М.; Прима-Пресс. 1997.

32. Обращение с опасными отходами : учеб. пособие / В.М. Гарин [и др.]; под ред. В.М. Гарина, Г.Н. Соколовой. М. : Проспект, 2007.

33. Протасов В.Ф., Молчанов А.В. Экология, здоровье и природопользование в России. М.: Финансы и статистика. 1995.

34. Реймерс Н. Ф. Природопользование. М.: Мысль. 1990.

35. Росляков п.в. Методы защиты окружающей среды. М. : МЭИ, 2007.

36. Рябчинский А.И. Международная регламентация безопасности конструкций автотранспортных средств. М.: МАДИ. 1989

37. Сигал И. Я. Защита воздушного бассейна при сжигании топлива. Л.: Недра. 1988.

38. Смаль В. Ф., Арсенов Е. Е. Перспективные топлива для автомобилей. М.; Транспорт. 1979.

39. Трофименко Ю.В. Промышленно-транспортная экология. Ч. 1. М.: МАДИ. 1998.

40. Управление охраной окружающей среды в транспортно-дорожном комплексе. Экология и природоохранная деятельность на транспорте. Тематический сборник нормативно-справочных материалов. М.: А/О Трансконсалтинг. 1993.

41. Федеральный закон от 10 января 2002 г. № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

42. Цветкова, Л. И. Экология : учебник для техн. вузов / Л. И. Цветкова [и др.] ; под ред. Л. И. Цветковой. — М.: АСВ, 1999. - 488 с.

43. Экологическая безопасность транспортных потоков. Под. ред. Дьякова А.Б. М.: Транспорт. 1989.

44. Экология Москвы: Решения, проблемы, перспективы. Под. ред. Г.Н. Львова М.: 1997.

45. Экология и безопасность жизнедеятельности : учеб. пособие для вузов / Д. А. Кривошеин [и др.] ; под ред. Л. А. Муравья. - М.: ЮНИТИ, 2002. - 445 с.

46. Якубовский Ю. А. Автомобильный транспорт и защита окружающей среды М.: Транспорт. 1993.

Научное издание

**Христофоров Евгений Николаевич
Сакович Наталия Евгениевна**

Транспорт и окружающая среда

МОНОГРАФИЯ

Редактор: Павлютина И.П.

Подписано к печати 30.07.2012 г.
Формат 60x84 ¹/₁₆. Бумага печатная. Усл. печ. л. 11,39
Тираж 1000 экз. Изд. № 2202.

Издательство Брянской государственной сельскохозяйственной академии
243365 Брянская обл. Выгоничский район, с. Кокино