

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования
«Оренбургский государственный университет»

ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ БЕЗОПАСНОСТЬ АВТОМОБИЛЬНОГО ТРАНСПОРТА

Учебное пособие

Рекомендовано ученым советом федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Оренбургский государственный университет» для обучающихся по образовательным программам высшего образования по направлениям подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.03.01 Технология транспортных процессов, 27.03.01 Стандартизация и метрология, 27.03.02 Управление качеством, 20.03.01 Техносферная безопасность

Оренбург
2019

УДК 504.5:629.33(075.8)

ББК 28.080я73+39.33я73

Э40

Рецензент – доктор сельскохозяйственных наук, доцент Т.А. Гамм

Авторы: А.А. Филиппов, О.В. Чекмарева, Е.В. Бондаренко, В.В. Сорокин,
И.Ф. Сулейманов, А.А. Гончаров

Э40 Экологическая безопасность автомобильного транспорта: Учебное пособие /
А. А. Филиппов, О. В. Чекмарёва, Е. В. Бондаренко, В. В. Сорокин, И. Ф.
Сулейманов, А. А. Гончаров. – Оренбургский гос. ун-т. – Оренбург: ОГУ, 2019.
–198 с.
ISBN 978-5-7410-2408-9

Учебное пособие содержит материалы методического характера, необходимые при выполнении курсовых, выпускных квалификационных и проектных работ, расчётно-графических заданий и контрольных работ и соответствует программам дисциплин «Экологическая безопасность автомобильного транспорта», «Обеспечение экологической безопасности транспортных процессов», «Нормативы по защите окружающей среды», «Защита окружающей среды в транспортно-дорожном комплексе», «Теоретические основы экологической безопасности». Учебное пособие актуально для руководящих работников, менеджеров, инженеров-экологов и инженеров-механиков, преподавателей, занятых в производственном и образовательном процессах в сфере автомобильного транспорта.

Учебное пособие предназначено для обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.03.01 Технология транспортных процессов, 27.03.01 Стандартизация и метрология, 27.03.02 Управление качеством, 20.03.01 Техносферная безопасность.

УДК 504.5:629.33(075.8)

ББК 28.080я73+39.33я73

© Филиппов А. А.,
Чекмарёва О. В.,
Бондаренко Е. В.,
Сорокин В. В.,
Сулейманов И. Ф.,
Гончаров А. А., 2019
© ОГУ, 2019

ISBN 978-5-7410-2408-9

Содержание

Введение	5
1 Теоретические основы экологии автотранспортного комплекса	7
1.1 Автотранспортный комплекс в структуре загрязнения окружающей среды	7
1.2 Автомобиль, как источник загрязнения окружающей среды.....	8
1.3 Автотранспортный поток, как источник загрязнения окружающей среды	18
1.4 Автомобильная дорога, как источник загрязнения окружающей среды	22
1.5 Предприятия автомобильного транспорта, как источники загрязнения окружающей среды	25
1.6 Контрольные вопросы к разделу 1	34
1.7 Список использованных источников к разделу 1	35
2 Экологические нормативы и требования.....	37
2.1 Санитарно-гигиенические нормативы	40
2.2 Экологические (производственно-хозяйственные) нормативы	57
2.3 Экологические требования к автотранспортным средствам и моторным топливам.....	63
2.4 Комплексные нормативы в области охраны окружающей среды	74
2.5 Контрольные вопросы к разделу 2	76
2.6 Список использованных источников к разделу 2	79
3 Методы экологической оценки объектов автотранспортного комплекса.....	81
3.1 Методы экологической оценки автомобиля.....	81
3.2 Методы экологической оценки автотранспортного потока	101
3.3 Методы экологической оценки автомобильной дороги.....	108
3.4 Методы экологической оценки предприятий автомобильного транспорта ...	113

3.5 Контрольные вопросы к разделу 3	116
3.6 Список использованных источников к разделу 3	117
4 Обеспечение экологической безопасности объектов автотранспортного комплекса	118
4.1 Автомобиль и обеспечение экологической безопасности	119
4.2 Автотранспортный поток и обеспечение экологической безопасности	148
4.3 Автомобильная дорога и обеспечение экологической безопасности.....	154
4.4 Предприятия автомобильного транспорта и обеспечение экологической безопасности	158
4.5 Контрольные вопросы к разделу 4	195
4.6 Список использованных источников к разделу 4	197
Заключение.....	200

Введение

Автомобильный транспорт занимает важное место в национальной экономике. От увеличения объёма автотранспортных перевозок, развития дорожно-транспортной и сервисной инфраструктуры напрямую зависит экономический рост. Но функционирование автотранспортного комплекса сопровождается негативным воздействием на окружающую среду, уровень которого в последнее время становится критическим. Поэтому любой современный специалист, задействованный в автотранспортном комплексе, должен владеть вопросами экологической безопасности автомобильного транспорта. Данный факт находит отражение в образовательных программах, где актуальность экологических знаний, умений и навыков закреплена в содержании компетенций, которые должны быть освоены студентами в рамках специальных дисциплин. Кроме того при выполнении студентами квалификационных работ (курсовых и выпускных работ, расчётно-графических заданий и контрольных работ) необходимо формирование навыков инженерных расчётов, направленных на определение уровня экологической опасности объектов автотранспортного комплекса и принятие экологически обоснованных технических и технологических решений.

Учебное пособие предназначено для студентов, обучающихся по направлениям подготовки 23.03.03 Эксплуатация транспортно-технологических машин и комплексов, 23.03.01 Технология транспортных процессов, 27.03.01 Стандартизация и метрология, 27.03.02 Управление качеством, 20.03.01 Техносферная безопасность.

Учебное пособие соответствует программам дисциплин «Экологическая безопасность автомобильного транспорта», «Обеспечение экологической безопасности транспортных процессов», «Нормативы по защите окружающей среды», «Защита окружающей среды в транспортно-дорожном комплексе», «Теоретические основы экологической безопасности».

Учебное пособие построено по принципу изучения объектов автотранспортного комплекса от простого к сложному. В качестве «простой»

системы рассматривается автомобиль. Далее система усложняется до автотранспортного потока и, наконец, до автомобильной дороги. В качестве обособленных сложных систем рассматриваются предприятия автомобильного транспорта. Раздел 1 учебного пособия направлен на изучение теоретических основ экологии автотранспортного комплекса и включает описание процессов взаимодействия объектов (автомобиль, автотранспортный поток, автомобильная дорога, предприятия автомобильного транспорта) с окружающей средой. Оцениваются масштабы и последствия данного взаимодействия. В разделе 2 систематизированы экологические нормативы и требования к объектам автотранспортного комплекса, обеспечивающие их безопасное для окружающей среды функционирование. В разделе 3 представлены методы экологической оценки, используемые в мониторинге и исследовании объектов автотранспортного комплекса. Раздел 4 направлен на аналитический обзор методов обеспечения экологической безопасности объектов автотранспортного комплекса.

Учебное пособие обобщает и систематизирует учебный материал по проблеме обеспечения экологической безопасности автомобильного транспорта, включая собственные научно-методические и учебно-методические разработки авторов.

1 Теоретические основы экологии автотранспортного комплекса

1.1 Автотранспортный комплекс в структуре загрязнения окружающей среды

Автотранспортный комплекс (АТК) является источником ингредиентного, параметрического, биоценотического и стационально-деструктивного видов загрязнения окружающей среды (рисунок 1.1).

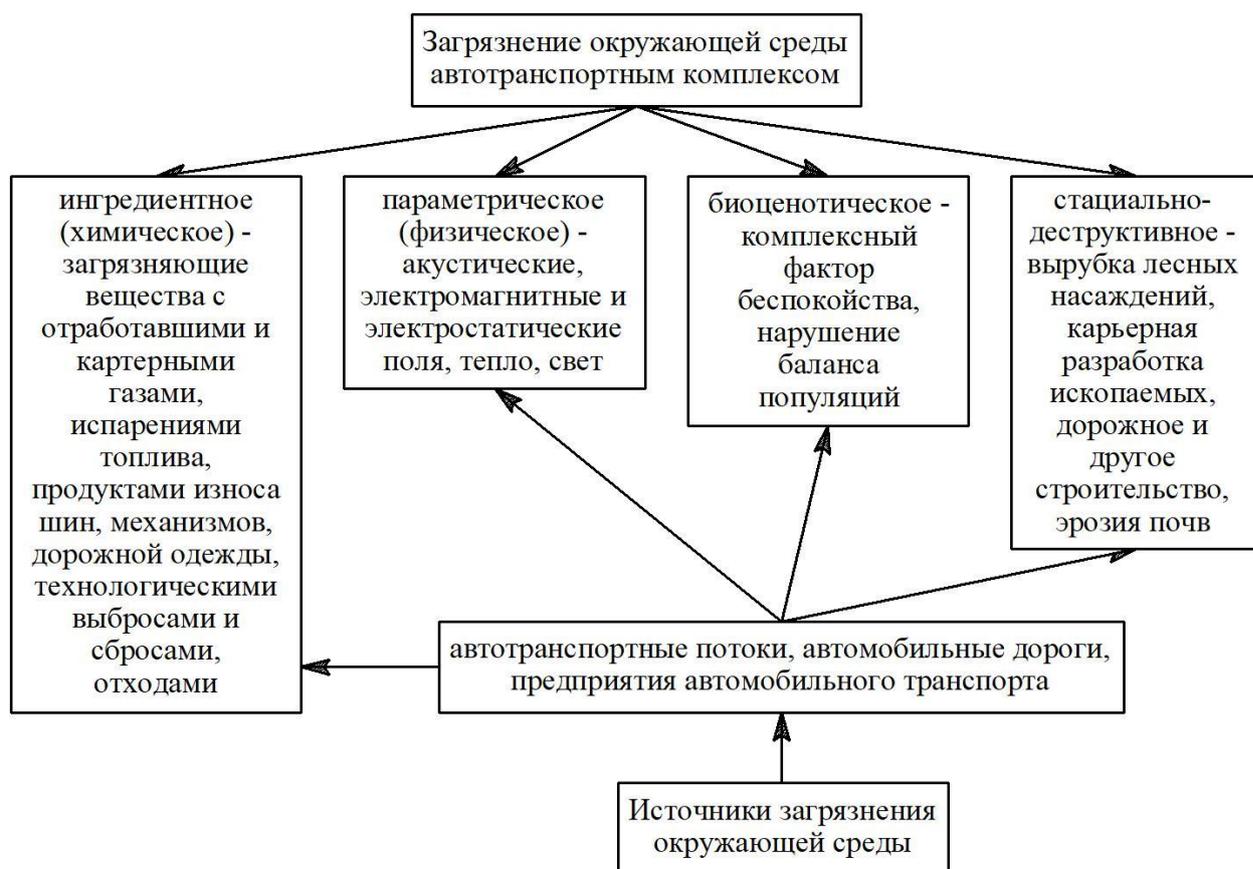


Рисунок 1.1 – Автотранспортный комплекс, как источник загрязнения окружающей среды

Для характеристики АТК, как источника загрязнения окружающей среды, принята общеизвестная классификация Г.В. Стадницкого и А.И. Родионова [1]. Согласно данной классификации загрязнение окружающей среды подразделяется на ингредиентное (химическое), параметрическое (физическое), биоценотическое и стационально-деструктивное.

Ингредиентное загрязнение – внесение химических веществ, которые количественно или качественно чужды естественным биогеоценозам.

Параметрическое загрязнение – изменение качественных параметров окружающей среды за счёт акустических, электромагнитных и других полей.

Биоценотическое загрязнение заключается в воздействии на состав и структуру популяций живых организмов, населяющих биогеоценоз.

Стациально-деструктивное загрязнение (станция – место обитания популяции) – это изменение ландшафтов в процессе природопользования, связанного с оптимизацией природы в интересах человека.

По данным статистики [1] наибольшее загрязнение от АТК приходится на атмосферу. Его доля от всех техногенных источников составляет: 43 % для выбросов загрязняющих веществ (ЗВ); 10 % для выбросов «климатических» газов. Кроме того, основным источником шума урбанизированных территорий является автомобильный транспорт.

АТК есть технико-экономическая структура, созданная для перевозки грузов и пассажиров, включающая средства обеспечения перевозок: подвижной состав, дороги, дорожно-транспортную производственную и сервисную инфраструктуру. Поэтому загрязнение окружающей среды АТК следует рассматривать через источники «автомобиль», «автотранспортный поток», «автомобильная дорога», «предприятия автомобильного транспорта».

1.2 Автомобиль, как источник загрязнения окружающей среды

Визуальное представление автомобиля как источника загрязнения окружающей среды отражено на рисунке 1.2.

Основная часть загрязнения окружающей среды от автомобиля образуется при функционировании двигателя внутреннего сгорания (ДВС), рисунок 1.3 [1]. 99 % объёма отработавших газов (ОГ) ДВС – это относительно безвредные вещества. К ним относятся продукты полного сгорания CO_2 и H_2O , непрореагировавшие при сгорании O_2 и N_2 и др.



Рисунок 1.2 – Автомобиль – источник загрязнения окружающей среды



Рисунок 1.3 – Группировка загрязняющих веществ в зависимости от химических превращений при их образовании

Перечисленные вещества не токсичны, однако некоторые из них, например CO_2 , усиливают парниковый эффект, что является глобальной экологической проблемой. На долю токсичных веществ приходится около 1 % объёма отработавших газов, но именно эта часть ОГ определяет уровень экологической опасности автомобиля.

Содержание ОГ ДВС определяется видом топлива и его качеством, протеканием рабочего процесса, наличием или отсутствием систем нейтрализации и очистки, условиями эксплуатации и техническим состоянием.

Влияние вида топлива проявляется за счёт наличия экологических преимуществ альтернативных видов моторного топлива к которым относятся: газ, синтетические бензин и дизельное топливо, спирты, биодизельное топливо, водород, диметиловый эфир [2].

Качество традиционного моторного топлива и его влияние на уровень экологической опасности АТС определяется углеводородным составом, а также наличием присадок и добавок [3]. Например, октановое число бензина можно повысить за счёт присадок на основе свинца, железа и марганца, а также оксигенатов – кислородсодержащих добавок, в качестве которых используются низшие спирты и простые эфиры.

Первый способ не приемлем и запрещён действующим техническим регламентом Таможенного союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (ТР ТС 013/2011). Связан запрет, прежде всего, с высокой токсичностью металлических присадок, особенно тетраэтилсвинца, который на выходе из камеры сгорания даёт оксид свинца (Pb_2O_5), обладающий канцерогенным и мутагенным эффектом. Кроме того, они являются причиной нагарообразования, сокращения ресурса свечей зажигания и каталитических нейтрализаторов.

Второй способ даёт хороший результат в отношении октанового числа, однако ухудшает другие моторные качества топлива. В частности спирты токсичны (особенно метанол), плохо растворимы в углеводородах, гигроскопичны и коррозионно активны. Бензоспиртовые смеси повреждают уплотнительные

материалы и цветные металлы, расслаиваются на отдельные составляющие при низких температурах окружающей среды. При использовании оксигенатов в 2...4 раза возрастают выбросы альдегидов и наблюдается тенденция к увеличению концентрации оксидов азота в отработавших газах. Вследствие указанных выше причин концентрация оксигенатов в автомобильных бензинах ограничивается, а содержание метанола вообще не допускается (согласно ТР ТС 013/2011). Для автомобильных бензинов экологического класса К5 не допускается также добавка других антидетонаторов, например монометиланилина.

Ограничение использования присадок и добавок предопределяет воздействие на углеводородный состав с увеличением доли ароматических и олефиновых углеводородов, которые способствуют повышению октанового числа бензина. Однако их чрезмерное использование ведёт к нагарообразованию и выбросам канцерогенных углеводородов. Так бензол – типичный представитель группы ароматических углеводородов, - создаёт угрозу как при непосредственном контакте с парами бензина, так и при выбросе продуктов его сгорания с отработавшими газами. Полициклические ароматические углеводороды в дизельном топливе нежелательны из-за тех же самых проблем, усугубляемых повышенным образованием сажи. Она в совокупности с несгоревшими полициклическими ароматическими углеводородами несёт канцерогенную опасность. Следовательно, изменение углеводородного состава топлива также должно жёстко регламентироваться, что по факту и наблюдается: ТР ТС 013/2011 ограничивает содержание бензола, других ароматических и олефиновых углеводородов в бензинах, а также полициклических ароматических углеводородов в дизельных топливах.

Протекание рабочего процесса, которое также влияет на состав ОГ ДВС, принадлежит к конструктивным факторам. К данной группе факторов относятся также способ смесеобразования, степень сжатия, параметры подачи топлива, угла опережения впрыскивания и зажигания [4].

Например, дизельные ДВС с разделёнными камерами сгорания в экологическом отношении предпочтительнее аналогичных силовых агрегатов с

камерой сгорания в поршне, так как выбрасывают меньше продуктов неполного сгорания (CO , C_nH_m) при относительно небольшой дымности отработавших газов (рисунок 1.4).

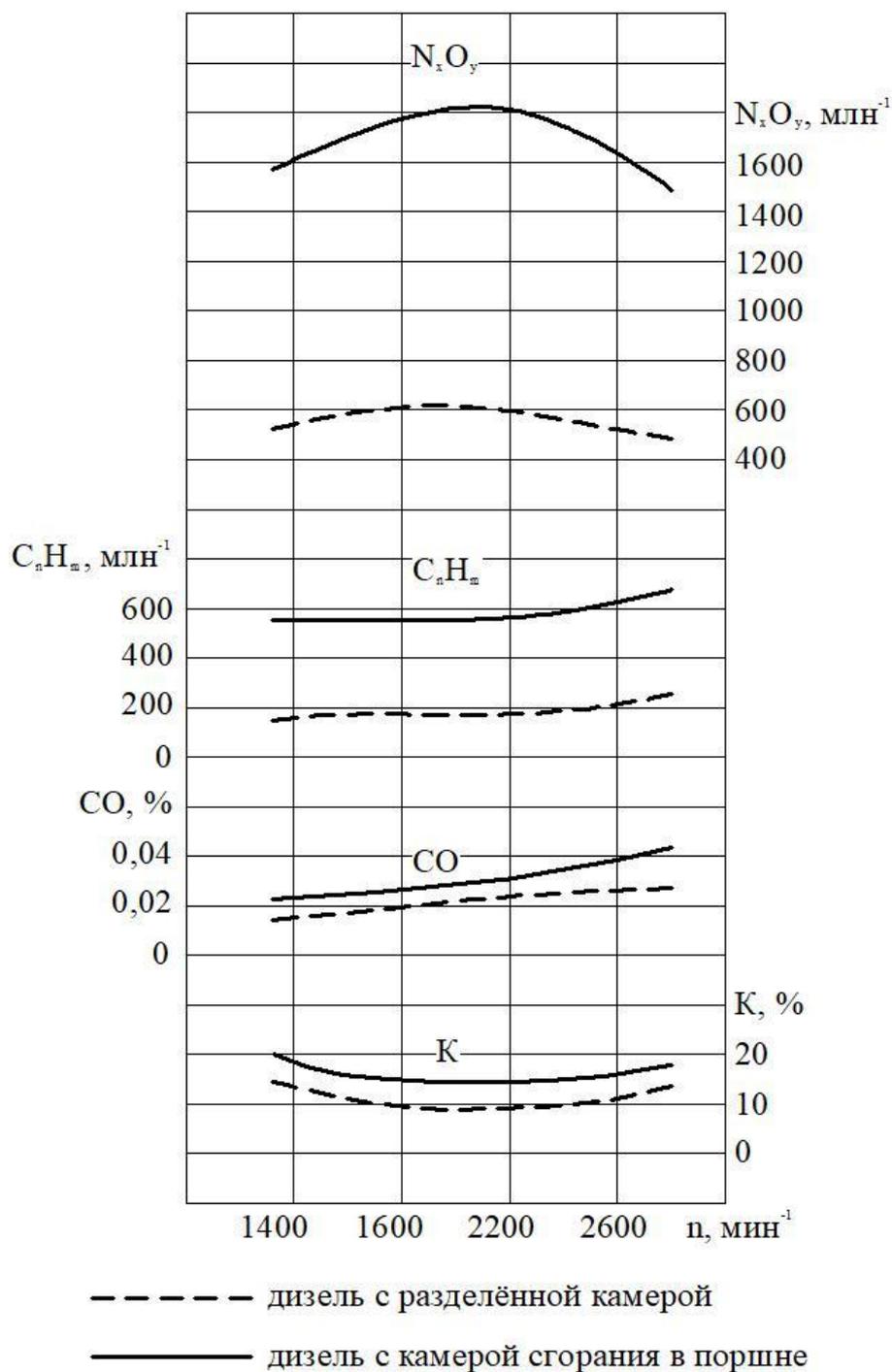


Рисунок 1.4 – Дымность и токсичность ОГ [4]

Конструкция камеры сгорания влияет на состав отработавших газов не только дизельных, но и бензиновых ДВС. Так чем меньше отношение поверхности к

объёму камеры и объём над вытеснителем, тем меньше образуется C_nH_m . При этом на концентрацию CO и N_xO_y эти факторы заметного влияния не оказывают.

Степень сжатия оказывает заметное влияние на состав отработавших газов, причём для дизельных и бензиновых ДВС по-разному.

Увеличение степени сжатия бензинового ДВС приводит к повышению концентрации N_xO_y на бедных топливно-воздушных смесях и увеличению выхода C_nH_m . Однако при этом даже в области богатых смесей уменьшается выброс CO .

При повышении степени сжатия дизельного ДВС, особенно на малых нагрузках и частотах вращения коленчатого вала, сокращаются выбросы CO и C_nH_m . Однако при этом наблюдается рост выброса N_xO_y . Впрочем, это негативное проявление устраняется подбором определённого сочетания интенсивности вихревого движения заряда и параметров впрыскивания топлива.

К основным параметрам впрыскивания топлива относятся давление и угол опережения.

Увеличение давления впрыскивания при неизменном диаметре сопловых отверстий распылителя позволяет позже начинать впрыскивание, оставляя неизменным его окончание, что сопровождается уменьшением выброса N_xO_y и дымности отработавших газов.

При уменьшении угла опережения впрыскивания образование N_xO_y значительно замедляется. Однако при этом увеличивается выброс C_nH_m , CO и дымность отработавших газов (рисунок 1.5). Следует также помнить, что при чрезмерном уменьшении угла опережения впрыскивания существенно ухудшаются экономические и энергетические показатели работы дизеля. Аналогичное значение (в отношении состава ОГ) для бензиновых ДВС имеет угол опережения зажигания. Изменение вблизи его оптимального значения (с точки зрения экономичности работы двигателя) почти не влияет на концентрацию CO и C_nH_m , однако с ростом угла концентрация N_xO_y возрастает и особенно заметно в области бедных смесей. Отступление от рекомендуемых для данного двигателя углов опережения зажигания в сторону более поздних способствует снижению выбросов N_xO_y , но при этом одновременно ухудшаются и экономические показатели.

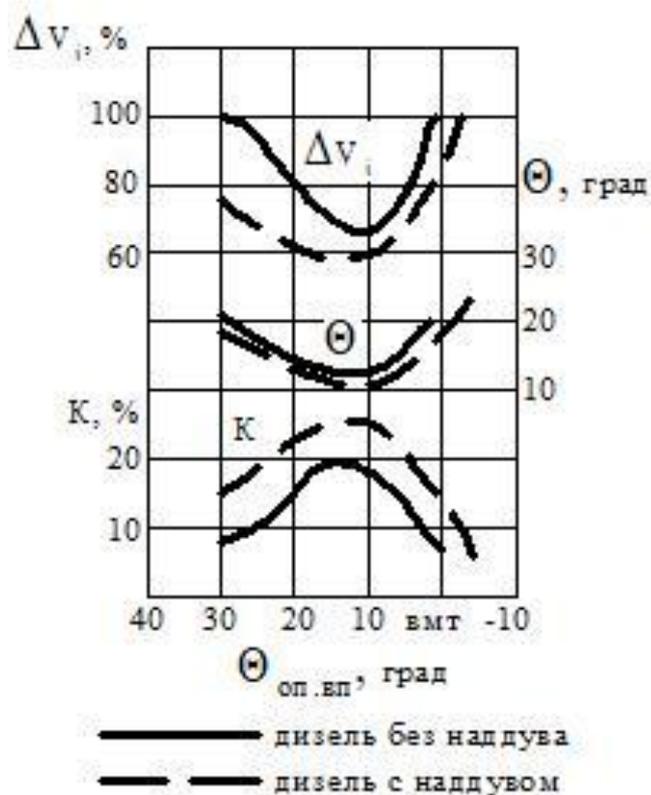


Рисунок 1.5 – Влияние угла опережения впрыскивания на дымность ОГ (камера сгорания в поршне) [4]

Работа с чрезмерно ранним зажиганием недопустима, так как при этом увеличивается выброс N_xO_y и ухудшаются другие показатели.

Эксплуатационные факторы, связанные с условиями эксплуатации и техническим состоянием ДВС, также как и конструкционные факторы влияют на состав ОГ.

Влияние условий эксплуатации проявляется через режим работы ДВС.

На рисунке 1.6, а, б показаны диапазоны содержания токсичных компонентов и изменение дымности отработавших газов дизелей с различными способами смесеобразования в зависимости от режима работы.

При увеличении нагрузки дизеля ($p_e > 0,4 \dots 0,5$ МПа) возрастает выброс CO и резко повышается дымность отработавших газов. При этом рост выхода N_xO_y замедляется или даже прекращается. Напротив, интенсивное образование N_xO_y происходит в области малых и средних нагрузок.

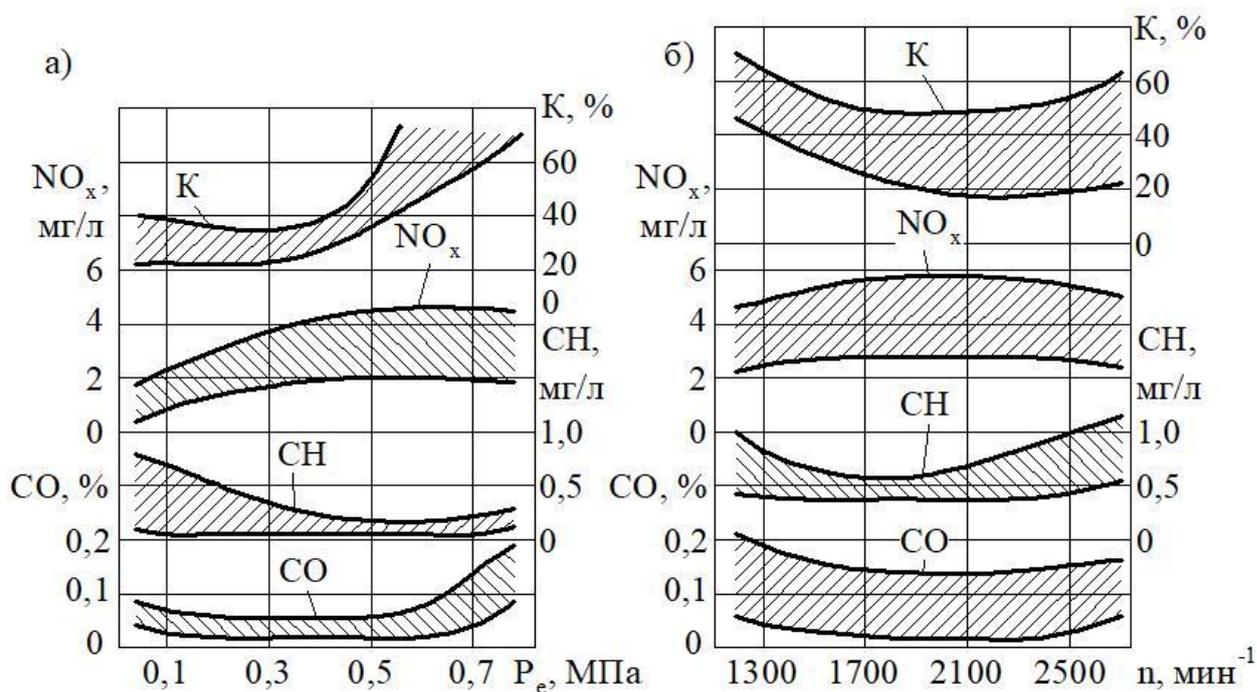


Рисунок 1.6 – Влияние нагрузки (а) и частоты вращения (б) на токсичность четырёхтактных дизелей [4]

Увеличение частоты вращения до 2000 мин⁻¹ приводит к снижению дымности отработавших газов, причём более интенсивно (в 1,5...2,0 раза) – в дизелях с камерой сгорания в поршне. Однако при $n > 2000$ мин⁻¹ дымность опять несколько возрастает. На образование N_xO_y , CO и C_nH_m частота вращения влияет слабо.

В период разгона автомобиля с дизелем, особенно если он имеет турбонаддув, значительно возрастает дымность отработавших газов. В то же время имеет место лишь относительно небольшое увеличение концентрации CO, C_nH_m и N_xO_y .

Изменение частоты вращения и нагрузки в меньшей степени сказываются на токсичности отработавших газов бензиновых ДВС, что является следствием количественного регулирования, когда меняется только количество, но не состав топливно-воздушной смеси, которая близка к стехиометрической. Так что общий выброс токсичных веществ определяется в большей степени количеством топливно-воздушной смеси, поступившей в цилиндры бензинового ДВС. Исключение составляют режимы пуска и прогрева холодного двигателя, а также мощностные режимы, когда подаётся богатая смесь.

Ухудшение технического состояния двигателя и нарушение регулировок приводит к увеличению токсичности и дымности отработавших газов. К таким последствиям приводит нарушение нормальной работы газораспределительного механизма и цилиндропоршневой группы двигателя, а также топливopодающей аппаратуры вследствие потери герметичности клапанов, изнашивания деталей, ухудшения характеристик впрыскивания, равномерности распыливания и подачи топлива через распылители форсунок.

Например, в изношенном двигателе в пристеночную зону цилиндра попадают частички масла, что увеличивает выброс бензапирена в 8...10 раз.

Превышение предельно-допустимых значений CO в отработавших газах бензиновых ДВС может быть вызвано следующими причинами [5]:

- загрязнение воздушного фильтра (карбюраторная система питания);
- неисправность карбюратора или его несоответствующая регулировка;
- неисправность датчика температуры ДВС (инжекторная система питания);
- неисправность расходомера воздуха (инжекторная система питания);
- неисправность системы холодного пуска ДВС (инжекторная система питания);
- неисправность, засорение и закоксовывание топливных форсунок;
- повышенное давление топлива в системе (инжекторная система питания);
- неисправность датчика контроля содержания кислорода в отработавших газах (инжекторная система питания).

Превышение предельно-допустимых значений C_nH_m в отработавших газах бензиновых ДВС может быть вызвано следующими причинами [5]:

- дефекты клапанов и гидрокомпенсаторов, несоответствующая регулировка тепловых зазоров клапанов в газораспределительных механизмах без гидрокомпенсаторов, несоответствующая регулировка фаз газораспределения, в том числе неисправность механизмов ступенчатого или бесступенчатого регулирования фаз газораспределения;

- переобогащение топливно-воздушной смеси как в связи с несоответствующей регулировкой, так и с наличием утечек в системе топливоподачи;
- неисправность системы зажигания, а именно: перебои в искрообразовании, несоответствующий угол опережения зажигания;
- неисправность датчика контроля содержания кислорода в отработавших газах (инжекторная система питания);
- повышенный износ деталей газораспределительного механизма и цилиндропоршневой группы двигателя и, как следствие, несоответствующая компрессия.

Причинами повышенной дымности отработавших газов являются различные неисправности дизельной топливной аппаратуры. Например: потеря герметичности и утечки в системе топливоподачи; загрязнение фильтров; попадание масла в турбонагнетатель; износ или несоответствующая регулировка плунжерных пар топливного насоса высокого давления; потеря герметичности топливных форсунок и снижение давления начала подъема иглы; износ выходных отверстий топливных форсунок, их засорение или закоксовывание.

Выброс N_xO_y с увеличением ресурса ДВС (как бензинового так и дизельного) и связанного с ним ухудшением технического состояния и нарушением регулировок меняется незначительно, причём, как правило, в сторону уменьшения. Этот факт объясняется прямой зависимостью выхода N_xO_y от максимальной температуры цикла сгорания в цилиндрах двигателя. В условиях изношенного ДВС с наличием большого количества неисправностей по сравнению с новым двигателем наблюдаются наихудшее сгорание, то есть сгорание при наименьшей максимальной температуре цикла, что и определяет снижение концентрации N_xO_y в отработавших газах.

Важно отметить, что современный автомобиль не может удовлетворить самым жёстким экологическим нормам без специальных систем нейтрализации и очистки ОГ. Наличие или отсутствие таких систем относится к конструктивным факторам, а

их техническое состояние – к эксплуатационным. И то и другое определяет уровень экологической опасности ОГ автомобилей.

Отдельно следует сказать о выбросе парниковых газов с ОГ ДВС. Количество CO_2 прямо пропорционально зависит от расхода топлива. Причём более высокое содержание CO_2 в ОГ является следствием более эффективного сгорания топлива и отсутствия неисправностей в ДВС. Таким образом, снижение количества выбросов CO_2 сводится к сокращению расхода топлива за счёт совершенствования конструкции и оптимизации режимов работы автомобильных силовых установок, что также относится к управлению конструктивными и эксплуатационными факторами. Кроме того, значительный положительный эффект имеет использование альтернативных видов топлива и источников энергии, особенно водорода, не имеющего в своём составе углерода – источника образования CO_2 .

Аналогичные факторы определяют уровень экологической опасности автомобиля по уровню внешнего шума. В меньшей степени влияют вид и качество топлива. Так газ вместо традиционного топлива позволяет снизить уровень шума на 3...4 дБА. В большей степени влияние оказывают конструктивные и эксплуатационные факторы, в частности конструкция и техническое состояние системы выпуска ОГ, материалы и технологии, применяемые при изготовлении автомобильных шин.

1.3 Автотранспортный поток, как источник загрязнения окружающей среды

Закономерности образования загрязнений от автотранспортного потока имеют отличия от рассмотренных выше закономерностей для автомобиля. Данные закономерности раскрывает следующая математическая модель [6].

$$Y_1 = \sum_i \sum_j \sum_k \omega_j \cdot P_{ki} \cdot N_a, \quad (1.1)$$

где Y – удельное количество выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) от автотранспортного потока: Y_1 – для перегонов; Y_2 – для узлов (перекрёстков), кг/ч·км

ω_j - пробеговый выброс j -го вида, г/км;

P_{ki} - вероятность попадания k -й группы автомобилей в i -й диапазон скоростей движения потока;

N_a - интенсивность потока, авт/ч.

Математическое выражение (1.1) для условий, когда $N_a = 50 - 1200$ авт/ч на полосу и $S_{га} = 0 - 50$ % (доля грузовых автомобилей и автобусов в потоке), преобразуется и записывается в следующей форме:

$$Y_1 = \begin{cases} A_{j1}^{\tau} \cdot N_a & \text{при } S_{га} < 5\%, \\ A_{j2}^{\tau} \cdot N_a & \text{при } 5\% < S_{га} < 25\%, \\ A_{j3}^{\tau} \cdot N_a & \text{при } S_{га} > 25\%, \end{cases} \quad (1.2)$$

где $A_{j1,2,3}^{\tau}$ - коэффициенты регрессии, кг/(авт·км).

$$Y_2 = \begin{cases} k_{11} \cdot N_y \cdot t_c + L_y \cdot k_{21} \cdot N_y & \text{при } S_{га} < 5\%, \\ k_{12} \cdot N_y \cdot t_c + L_y \cdot k_{22} \cdot N_y & \text{при } 5\% < S_{га} < 25\%, \\ k_{13} \cdot N_y \cdot t_c + L_y \cdot k_{23} \cdot N_y & \text{при } S_{га} > 25\%, \end{cases} \quad (1.3)$$

где $k_{11,12,13}$ и $k_{21,22,23}$ - коэффициенты регрессии для стоящей и движущейся частей потока, кг/(ч·авт) и кг/(авт·км);

N_y - интенсивность потока в узле, авт/ч;

t_c - время горения запрещающего сигнала светофора, ч;

L_y - длина очереди перед перекрёстком (зона влияния перекрёстка), км.

$$k_{21,22,23} = A_{j1,2,3}^{\tau} \cdot (1 + k_p + k_3)/3, \quad (1.4)$$

где k_p , k_z – коэффициенты, учитывающие изменение выбросов при разгоне и замедлении автомобиля.

Записанные выше математические выражения раскрывают факторы, определяющие процесс загрязнения атмосферы улично-дорожной сети автотранспортным потоком. К данным факторам относятся состав, интенсивность, скорость и ускорение движения автотранспортного потока. На перекрёстке на режим движения и, соответственно, на количество выбросов ЗВ, оказывают влияние как параметры самого перекрёстка (его размеры, виды развязок, число полос для движения), так и интенсивность движения АТС. Количество выбросов ЗВ на перегонах без светофоров в 5...8 раз ниже, чем в узлах [6].

Уровень шума автотранспортного потока определяется интенсивностью и составом (долей грузовых автомобилей и автобусов в потоке) [6], рисунок 1.7.

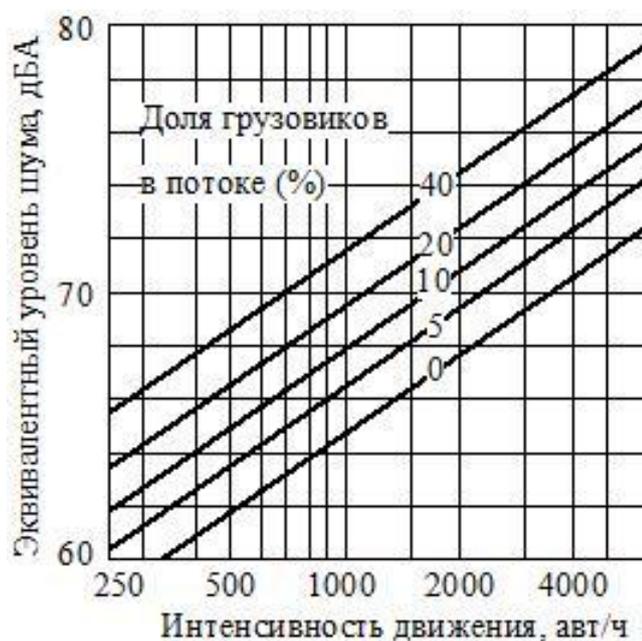


Рисунок 1.7 – Зависимости уровня шума от интенсивности и состава транспортного потока (на расстоянии 40 м от середины ближайшей полосы движения)

Транспортный шум усиливается: 1) при увеличении средней скорости потока; 2) при резком изменении режима движения транспорта (разгон, торможение, обгон, остановка влияют в пределах 2...3 дБА); 3) при пересечении в разных уровнях и слиянии потоков одинаковой интенсивности и состава на перекрёстках с регулируемым движением (в пределах 3 дБА).

Функционирование автотранспортных потоков сопровождается выбросом дисперсных частиц (PM), источниками образования которых являются не только ДВС (сажа, оксиды металлов). Состав частиц PM формируется также в результате изнашивания тормозных механизмов, шин, дорожного покрытия (рисунок 1.8).

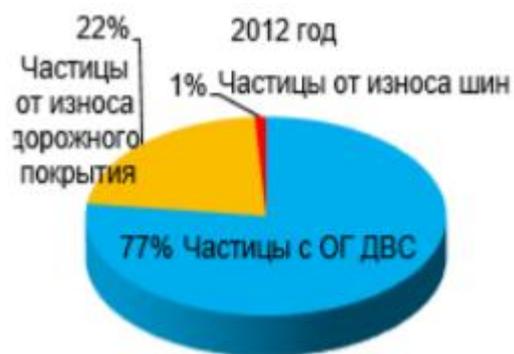


Рисунок 1.8 – Доля образования дисперсных частиц (ДЧ10) от источников АТК [7]

Химический состав частиц PM зависит от источника образования (рисунок 1.9), как, в принципе, и их размерные фракции (рисунок 1.10).

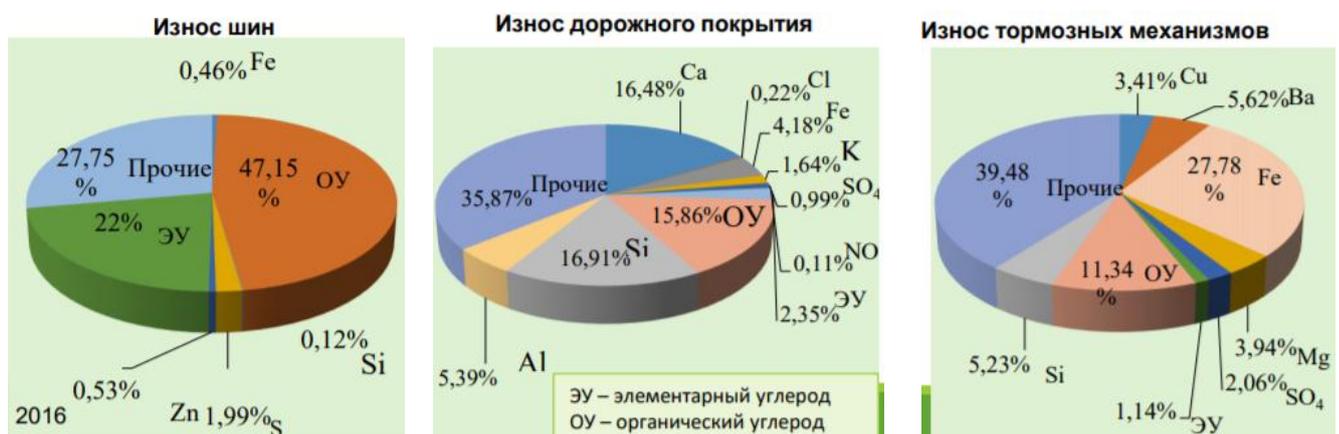


Рисунок 1.9 – Состав дисперсных частиц в воздухе на улично-дорожной сети [7]

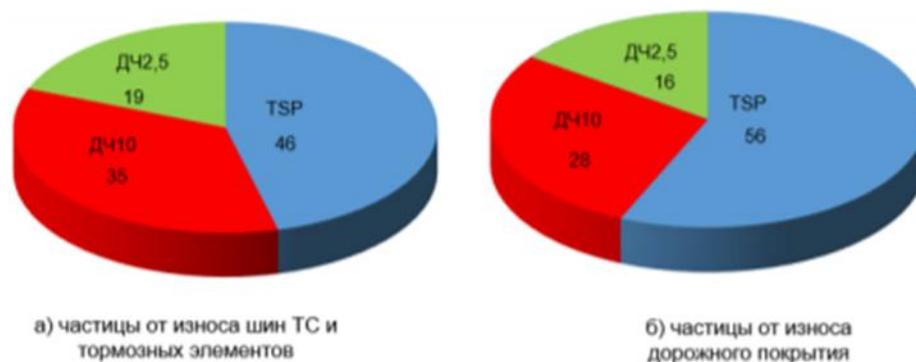


Рисунок 1.10 – Доли отдельных фракций дисперсных частиц от шин и дорожного покрытия, %, [7]

TSP (общая пыль) – сумма взвешенных веществ, включающая все находящиеся в воздухе частицы; ДЧ10 – дисперсные частицы с аэродинамическим диаметром менее 10 мкм; ДЧ2,5 – дисперсные частицы с аэродинамическим диаметром менее 2,5 мкм (под аэродинамическим диаметром понимается диаметр частицы с плотностью 1 г/см^3 , которая движется с той же скоростью при данных условиях, что и рассматриваемая частица).

Наибольшую опасность представляют мелкодисперсные частицы. При этом аэродинамический диаметр в диапазоне от 2,5 до 10 мкм характерен для грубой фракции.

Количество выбросов дисперсных частиц определяется такими параметрами функционирования автотранспортных потоков, как состав, интенсивность, скорость и ускорение движения. На рассеивание дисперсных частиц в атмосфере влияют метеоусловия, геометрические параметры автомобильных дорог, оформление придорожной территории.

1.4 Автомобильная дорога, как источник загрязнения окружающей среды

Автотранспортный поток является источником преимущественно химических и физических загрязнений окружающей среды. В совокупности же с автомобильной

дорогой, как инженерным сооружением, он образует также биоценотическое и стационально-деструктивное загрязнение (рисунок 1.11).



Рисунок 1.11 – Автомобильная дорога – источник загрязнения окружающей среды [6]

Первый вид воздействия связан с производством дорожно-строительных материалов (каменных материалов, песка, щебня, грунта), конструкционных материалов (черных, цветных металлов, пластмасс, цемента, битума), эксплуатационных материалов (топлив, масел, противогололедных реагентов, биопрепаратов, пестицидов), энергоресурсов. Процесс производства материалов и энергоресурсов для сооружения автомобильных дорог, а также их строительство сопровождается также изъятием земельных ресурсов, потреблением воды, кислорода воздуха, воздействием на плодородный слой почвы.

Второй вид воздействия связан с физическим наличием, сооружением и использованием автомобильной дороги и представлен локальными ландшафтными, гидрологическими и климатическими изменениями окружающей среды.

Третий вид воздействия в своей основе имеет те же самые причины, что и второй, но относится больше к социальной, чем природной окружающей среде. Другими словами создание автомобильной дороги и придорожной инфраструктуры

вносит изменения в традиционный уклад жизни и природопользование местного населения.

Четвёртый вид воздействия связан с загрязнением химическими веществами, дисперсными частицами, твердыми отходами воздуха, воды, почвы. Здесь необходимо отметить и физические негативные факторы: шум, динамическое, электромагнитное и ионизирующее воздействие движущихся машин и механизмов на компоненты окружающей среды, население и животный мир. Всё это в совокупности ухудшает здоровье населения, снижает плодородие сельскохозяйственных земель, биопродуктивность природных ландшафтов и водоемов.

Источниками воздействия автомобильной дороги на окружающую среду являются: движущиеся АТС, строительно-дорожные машины и оборудование в технологических процессах строительства, реконструкции, эксплуатации, содержания и ремонта дорог; предприятия дорожного хозяйства и дорожного сервиса, находящиеся в придорожной полосе.

Автомобильные дороги являются мощным источником образования пыли (TSP) в приземном воздушном слое [1]. При движении автомобилей происходит истирание дорожных покрытий и автомобильных шин, продукты износа которых смешиваются с твердыми частицами отработавших газов. К этому добавляется грязь, занесенная на проезжую часть с прилегающего к дороге почвенного слоя. В результате образуется пыль, поднимающаяся в воздух. Она может переноситься ветром на расстояния от нескольких до сотен километров. Химический состав и количество такой пыли зависят от состояния и материалов дорожного покрытия, вида топлива и почвы, прилегающей к дорожному полотну пространства.

Таким образом, факторами, влияющими на уровень экологической опасности автомобильной дороги, являются: протяжённость, ширина и материал дорожного полотна; оформление, степень застройки и освоения придорожной территории; состав, интенсивность и скорость движения автотранспортного потока; метеоусловия. Для урбанизированных территорий уровень экологической опасности

автомобильной дороги определяется также загрязняющим фоном стационарных источников.

1.5 Предприятия автомобильного транспорта, как источники загрязнения окружающей среды

Предприятия автомобильного транспорта, как источники загрязнения окружающей среды, представляют собой территории с размещёнными на них зданиями и сооружениями с технологическим оборудованием. Функционирующие единицы технологического оборудования представляют собой источники выделения загрязняющих веществ, акустических и электромагнитных полей, потребления энергетических и материальных ресурсов. Совокупность таких источников образует более крупные источники загрязнения окружающей среды – производственные зоны, цеха, отделения и участки предприятий. В целом сами предприятия являются площадными источниками загрязнения атмосферного воздуха, водных объектов, почвы за счёт выбросов и сбросов загрязняющих веществ, образования отходов, акустических и электромагнитных полей, потребления энергетических и материальных ресурсов. Причём состав и количество загрязнений зависит от специфики технологических процессов и мощности производства. По этому признаку необходимо выделить предприятия автомобилестроения, автотранспортные и ремонтно-обслуживающие предприятия.

Производство АТС, дорожно-строительной техники и эксплуатационных материалов сопряжено с потреблением природных ресурсов, ландшафтными и другими нарушениями при разработке и добыче полезных ископаемых, технологическими загрязнениями предприятий нефтехимии, нефтепереработки, газовой и металлургической промышленности.

На автотранспортных предприятиях, основным видом деятельности которых является перевозка грузов и пассажиров (эксплуатационные АТП), загрязнения сопряжены, в основном, с выбросами ЗВ в атмосферу, распространением акустических и электромагнитных полей. На автотранспортных предприятиях

может осуществляться также техническое обслуживание (ТО) и ремонт (Р) собственного подвижного состава (комплексные АТП). Технологические процессы ТО и Р протекают и на ремонтно-обслуживающих предприятиях, с той лишь разницей, что они входят в основной вид их деятельности. В таблице 1.1 приведена номенклатура ЗВ, выделяемых при ТО и Р.

Таблица 1.1 – Выбросы ЗВ и энергозатраты при проведении ТО и Р отдельных марок АТС, г/1000 км [1, 6]

Вещества	ВАЗ-1111	ГАЗ-2410	ГАЗ-5312	ЛИАЗ-677м	КАМАЗ-5320	КРАЗ-260
Атмосферный воздух						
твердые частицы	9,3	21,8	31,2	69,1	94,5	146,3
СО	791,1	2818,9	1246,5	1632,2	363,8	766,7
NO _x	270,3	59,5	20,1	82,2	309,2	633,9
SO ₂	27,9	33,1	24,3	26,5	81,4	169,3
СН	341,1	425,9	480,5	762,2	516,8	709,0
соединения свинца	4,5	5,3	3,7	3,7	-	-
MnO _x	0,01	0,03	0,05	0,1	0,13	0,2
ацетон CH ₃ COCH ₃	4,4	10,3	14,8	32,7	39,6	61,4
бутиловый спирт C ₄ H ₉ ОН	11,8	27,7	39,6	87,7	106,4	164,7
этиловый спирт C ₂ H ₅ ОН	12,4	29,1	41,6	92,1	111,8	173,0
сольвент	1,0	2,3	3,3	7,3	8,9	13,7
бутилацетат CH ₃ COO(CH ₂) ₃ CH ₃	12,0	28,3	40,5	89,6	108,7	168,2
этилацетат CH ₃ COOC ₂ H ₅	1,7	4,0	5,5	12,6	15,3	23,7
толуол C ₆ H ₅ CH ₃	37,4	87,9	125,8	278,5	338,1	523,2
ксилол C ₆ H ₆ (CH ₃) ₂	2,2	5,2	7,4	16,4	19,9	30,8
Водная среда						
взвеси	2,8	4,8	9,7	21,2	25,7	39,7
нефтепродукты	0,2	0,4	0,8	1,7	2,1	3,2
энергозатраты, кВт·ч/1000 км	173,7	204,5	148,3	145,1	110,2	219,4

водопотребление, л/1000 км	0,57	0,96	1,94	4,25	5,15	7,96
----------------------------	------	------	------	------	------	------

Сточные воды, образующиеся в процессах ТО и Р, по источнику происхождения и уровню экологической опасности делятся на пять групп, рисунок 1.12.

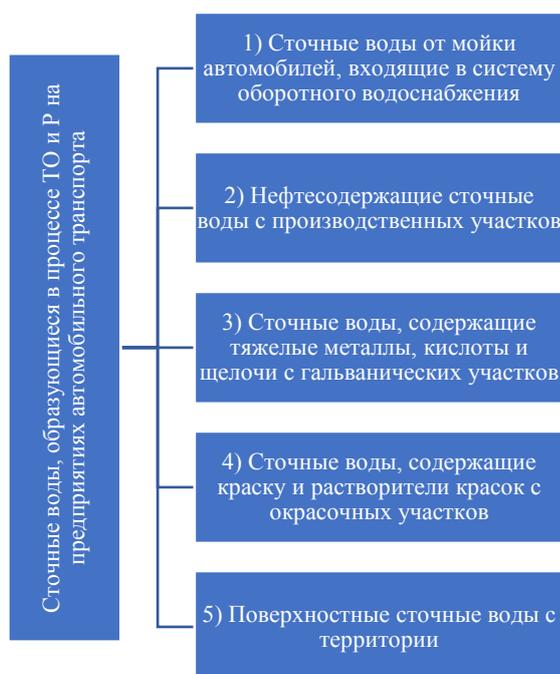


Рисунок 1.12 – Сточные воды предприятий автомобильного транспорта

Наибольший объем производственных сточных вод (80-85 %) приходится на сточные воды от мойки автомобилей. Взвешенные частицы и нефтепродукты являются основными их загрязнителями, таблица 1.2.

Таблица 1.2 – Характеристика степени загрязненности сточных вод от мойки автомобилей [1, 6]

Категория автомобилей	Концентрации загрязнений			
	Взвешенные вещества, мг/л	Нефтепродукты, мг/л	рН	БПК ₂₀ , мгО ₂ /л
легковые	400...600	20...40	7...8	20...40
автобусы	900...1300	20...50	7...8	30...40

грузовые малой грузоподъемности	1400...1800	40...50	7...8	30...40
грузовые большой грузоподъемности	2000...4000	50...150	7...8	30...40

Отработанные моторные, трансмиссионные и гидравлические масла, аккумуляторы и шины, резинотехнические изделия, лом чёрных и цветных металлов составляют далеко не полный перечень отходов, образующихся в процессе ТО и Р. На диаграмме, представленной на рисунке 1.13, построенной по данным МАДИ-ТУ [1, 6], показана удельная масса утильных шин, приходящаяся на разные типы АТС.

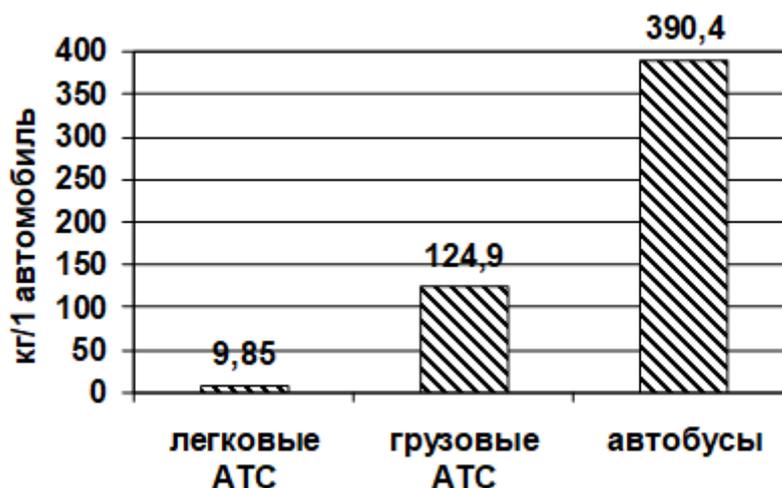


Рисунок 1.13 – Распределение количества утильных шин по типам АТС

Станции технического обслуживания автомобилей являются комплексными источниками загрязнения окружающей среды, что описано в виде схемы распределения материальных и энергетических потоков в системе «предприятие-окружающая среда», рисунок 1.14.

Кроме ТО и Р АТС на ремонтно-обслуживающих предприятиях осуществляется также хранение (гаражи, стоянки), заправка топливом (АЗС, АГЗС, АГНКС), снабжение запасными частями и эксплуатационными материалами (автомагазины и авторынки). Аналогичные процессы в той или иной степени характерны также и для автотранспортных предприятий. В совокупности все они составляют производственно-эксплуатационную деятельность предприятий

автомобильного транспорта, которая сопровождается образованием различных компонентов загрязнения окружающей среды, таблица 1.3.

В производственно-эксплуатационной деятельности выделяются основные процессы и источники образования загрязнения (таблица 1.4).

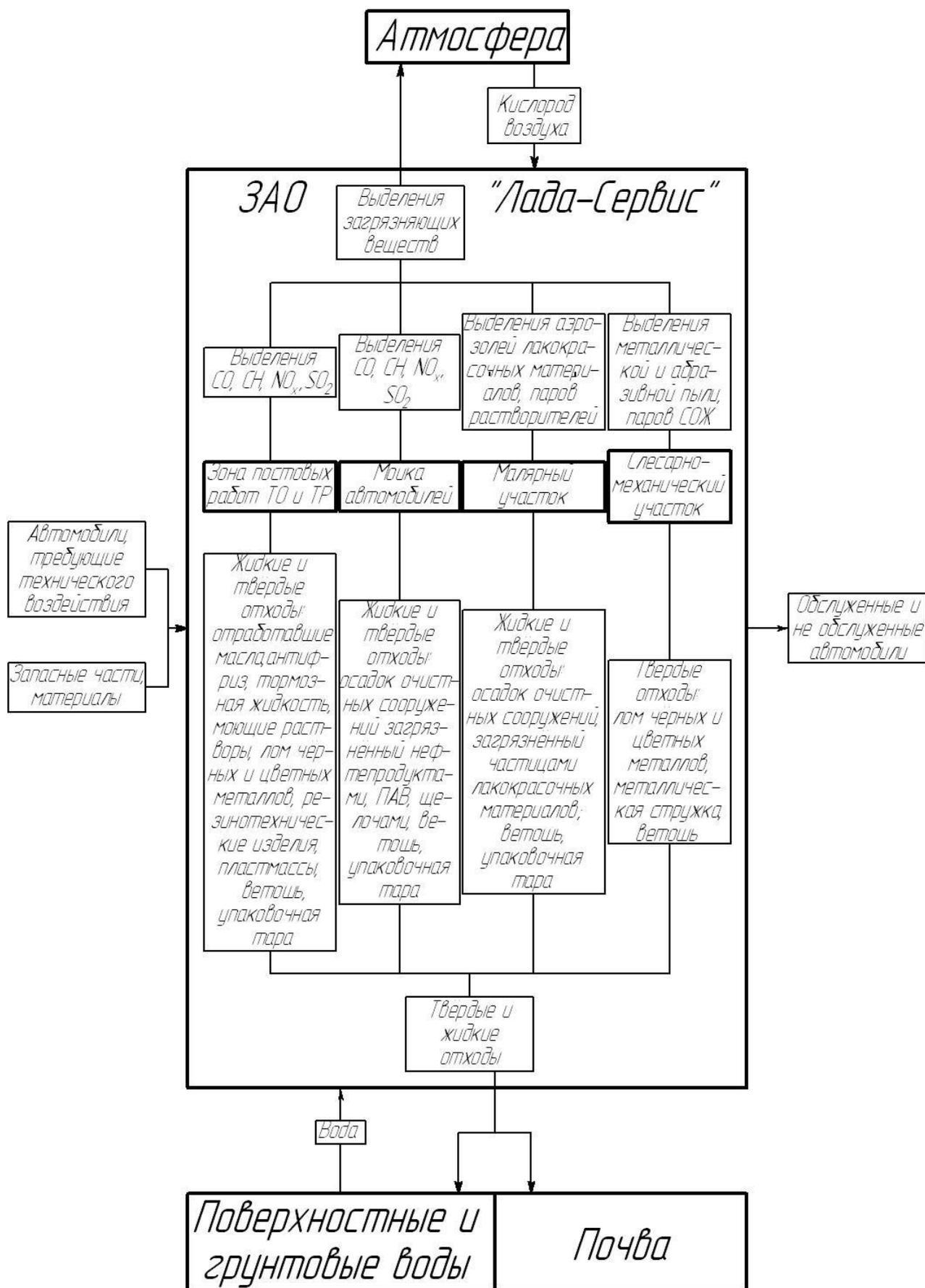


Рисунок 1.14 – Схема распределения материальных и энергетических потоков в системе «предприятие-окружающая среда» [1]

Таблица 1.3 – Основные компоненты загрязнения от производственно-эксплуатационной деятельности предприятий автомобильного транспорта [1]

Компонент загрязнения	Тип предприятия						
	Комплексные АТП	Эксплуатационные АТП	СТОА и автомастерские	Гаражи и стоянки	АЗС	Мойки	Магазины и авторынки
Твёрдые частицы	+	+	±	+	±	±	±
CO ₂	+	+	±	+	±	±	±
CO	+	+	±	+	±	±	±
N _x O _y	+	+	±	+	±	±	±
SO ₂	+	+	±	+	±	±	±
C _n H _m	+	+	±	+	±	±	±
Соединения свинца	+	+	±	+	±	±	±
MnO _x	+	±	+	±	-	-	-
Ацетон	+	±	+	±	-	-	-
Бутиловый спирт	+	±	+	±	-	-	-
Этиловый спирт	+	±	+	±	-	-	-
Сольвент	+	±	+	±	-	-	-
Бутилацетат	+	±	+	±	-	-	-
Этилацетат	+	±	+	±	-	-	-
Толуол	+	±	+	-	-	-	-
Ксилол	+	±	+	-	-	-	-
Свинец	+	±	+	±	-	-	-
Пластмассы	+	±	+	±	-	-	-
Резиново-технические изделия	+	±	+	±	-	-	-

Продолжение таблицы 1.3

Компонент загрязнения	Тип предприятия						
	Комплексные АТП	Эксплуатационные АТП	СТОА и автомастерские	Гаражи и стоянки	АЗС	Мойки	Магазины и авторынки
Лаки и краски	+	±	+	±	-	-	-
Кислоты	+	±	+	±	-	-	-
Смазочные материалы	+	±	+	±	±	±	±
Антифриз	+	±	+	±	±	-	±
Шины	+	±	+	±	-	-	-
Фрикционные материалы	+	±	+	±	-	-	-
Грязь и ил	+	±	+	±	-	+	-
Стекло	+	±	+	±	-	-	-
Синтетические моющие средства	+	±	±	±	-	+	-
Отходы тары	+	±	±	±	-	±	+
+ - присутствуют; ± - возможно присутствуют; - - отсутствуют.							

Таблица 1.4 – Характеристика основных процессов и источников образования загрязнения от производственно-эксплуатационной деятельности предприятий автомобильного транспорта [1]

Компонент загрязнения	Процесс/источник						
	Запуск двигателя	Прогрев двигателя	Маневрирование по территории	Заправка	Мойка автомобиля	ТО и Р	Торговля
Твёрдые частицы	+	+	+	-	-	-	-
CO ₂	+	+	+	-	-	-	-

Продолжение таблицы 1.4

Компонент загрязнения	Процесс/источник						
	Запуск двигателя	Прогрев двигателя	Маневрирование по территории	Заправка	Мойка автомобиля	ТО и Р	Торговля
CO	+	+	+	-	-	-	-
NO _x	+	+	+	-	-	-	-
SO ₂	+	+	+	+	-	-	-
C _x H _y	+	+	+	-	-	-	-
Соединения свинца	+	+	+	+	-	-	-
MnO _x	-	-	-	-	-	+	-
Ацетон	-	-	-	-	-	+	-
Бутиловый спирт	-	-	-	-	-	+	-
Этиловый спирт	-	-	-	-	-	+	-
Сольвент	-	-	-	-	-	+	-
Бутилацетат	-	-	-	-	-	+	-
Этилацетат	-	-	-	-	-	+	-
Толуол	-	-	-	-	-	+	-
Ксилол	-	-	-	-	-	+	-
Свинец	-	-	-	-	-	+	-
Пластмассы	-	-	-	-	-	+	-
Резиново- технические изделия	-	-	-	-	-	+	-
Лаки и краски	-	-	-	-	-	+	-
Кислоты	-	-	-	-	-	+	-
Смазочные материалы	-	-	-	-	+	+	-
Антифриз	-	-	-	-	-	+	-
Шины	-	-	-	-	-	+	-

Продолжение таблицы 1.4

Компонент загрязнения	Процесс/источник						
	Запуск двигателя	Прогрев двигателя	Маневрирование по территории	Заправка	Мойка автомобиля	ТО и Р	Торговля
Фрикционные материалы	-	-	-	-	-	+	-
Грязь и ил	-	-	-	-	+	+	-
Стекло	-	-	-	-	-	+	-
Синтетические моющие средства	-	-	-	-	+	+	-
Отходы тары	-	-	-	-	-	+	+

Таким образом, предприятия автомобильного транспорта являются причиной ряда серьёзных экологических проблем. Причём их вклад в загрязнение окружающей среды растёт пропорционально увеличению доли автотранспортных перевозок и росту количества АТС. Важно отметить, что загрязнение охватывает атмосферный воздух, поверхностные, подземные водные объекты, почву и носит химический, физический, биоценотический и ландшафтный характер.

1.6 Контрольные вопросы к разделу 1

- 1 Назовите долю АТК в структуре экологического ущерба.
- 2 Распределите экологический ущерб от АТК по видам перевозок.
- 3 Охарактеризуйте проблему транспортного шума.
- 4 Назовите основные виды загрязнения окружающей среды, которые относятся к АТК.
- 5 Разделите на группы загрязняющие вещества, выбрасываемые с отработавшими газами автомобильных двигателей, по механизму их образования.
- 6 Дайте характеристику факторам, определяющим количество выбросов загрязняющих веществ с отработавшими газами автомобильных двигателей.

7 Дайте характеристику автомобилю, как источнику физических загрязнений окружающей среды.

8 Какие факторы являются определяющими при количественной оценке выбросов загрязняющих веществ от автотранспортного потока?

9 Как влияет интенсивность автотранспортного потока на количественные характеристики выбросов загрязняющих веществ?

10 Сравните между собой количественные характеристики выбросов загрязняющих веществ от автотранспортного потока на перегонах и узлах (перекрёстках).

11 Какие факторы являются определяющими при количественной оценке уровня шума автотранспортного потока?

12 Назовите факторы увеличения уровня шума автотранспортного потока.

13 Назовите причины образования и состав дисперсных частиц от автотранспортного потока.

14 Назовите виды и источники воздействия автомобильной дороги на окружающую среду.

15 Опишите проблему пылеобразования на автомобильных дорогах.

16 Дайте характеристику предприятиям автомобильного транспорта, как источникам загрязнения окружающей среды.

1.7 Список использованных источников к разделу 1

1 Бондаренко Е.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов, О.В. Чекмарёва, В.В. Васильева, М.В. Коротков // Орёл: ОрёлГТУ, 2010. – 254 с.

2 Пронин, Е.Н. Природный газ – моторное топливо XXI века. Природный газ в моторе? Вопросы и ответы. – М., 2006. – 60 с.

3 Филиппов, А.А. Экологическая составляющая в развитии требований к качеству моторного топлива в России / А.А. Филиппов, Р.Т. Шайлин, И.Ф.

Сулейманов // Наземные транспортно-технологические средства: проектирование, производство, эксплуатация: материалы II Всерос. науч.-практ. конф. Забайкал. гос. ун-т. – Чита : ЗабГУ, 2018. – С. 103-111.

4 Двигатели внутреннего сгорания: Учеб. для вузов по спец. «Строительные и дорожные машины и оборудование» / Хачиян А.С., Морозов К.А., Луканин В.Н. и др.; под ред. В.Н. Луканина. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Высш. шк., 1985. – 311 с., ил.

5 Гаврилов, К.Л. Моторная диагностика: учебно-практ. пособие / К.Л. Гаврилов. – М.; Ростов-на-Дону: МарТ, 2005. – 312 с.: ил. – (Автомобильный транспорт).

6 Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2003. – 273 с.: ил.

7 Трофименко, Ю.В. Экология в транспортной отрасли – современные возможности развития / Международная практическая конференция «Эффективное управление транспортными системами» 24 августа 2017 г., павильон Samsung, EXPO 2017, Астана / Режим доступа: <https://www.traffic-ing.ru/astana-expo-2017> – 07.11.2019.

2 Экологические нормативы и требования

Обеспечение экологической безопасности функционирования АТК полностью определяется Федеральным законом «Об охране окружающей среды» от 10.01.2002 № 7 (в редакции от 26.07.2019). По закону деятельность, связанная с охраной окружающей среды, базируется на системе экологических нормативов и требований (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Структура системы экологических нормативов и требований

Нормативы качества окружающей среды – нормативы, которые установлены в соответствии с физическими, химическими, биологическими и иными показателями для оценки состояния окружающей среды и при соблюдении которых обеспечивается благоприятная окружающая среда [1]. Преимущественно они имеют санитарно-гигиенический характер. Их соблюдение призвано обеспечить необходимый уровень безопасности и безвредности для здоровья человека факторов среды обитания и условий его жизнедеятельности.

К нормативам качества окружающей среды относятся предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ, в том числе радиоактивных, иных веществ и микроорганизмов в различных природных средах (атмосферном воздухе, водоемах, почве). Кроме того, это гигиенические требования к уровням физического воздействия шума, вибрации, инфра- и ультразвука, электрических и электромагнитных полей и ионизирующего излучения.

Нормативы допустимого воздействия на окружающую среду – нормативы, которые установлены в соответствии с показателями воздействия хозяйственной и иной деятельности на окружающую среду и при которых соблюдаются нормативы качества окружающей среды [1]. Данные нормативы содержат требования к источникам вредного воздействия. Отсюда ещё одно их название – производственно-хозяйственные или экологические нормативы.

Действующее законодательство предусматривает следующие нормативы допустимого воздействия на окружающую среду:

- нормативы допустимых выбросов и сбросов веществ и микроорганизмов;
- технологические и технические нормативы;
- нормативы образования отходов и лимиты на их размещение;
- нормативы допустимых физических воздействий (количество тепла, уровни шума, вибрации, ионизирующего излучения, напряженности электромагнитных полей и иных физических воздействий);
- нормативы допустимого изъятия компонентов природной среды;
- нормативы допустимой антропогенной нагрузки на окружающую среду.

Требования в области охраны окружающей среды – предъявляемые к хозяйственной и иной деятельности обязательные условия, ограничения или их совокупность, установленные законами, иными нормативными правовыми актами, нормативами в области охраны окружающей среды, федеральными нормами и правилами в области охраны окружающей среды и иными нормативными документами в области охраны окружающей среды [1]. Данные требования регламентируют, в том числе, экологическую составляющую хозяйственной и иной деятельности, связанной с функционированием АТК на протяжении полного жизненного цикла объектов АТК, включая этапы создания, производства, использования, восстановления работоспособности и утилизации. В контексте применения данных нормативов к объектам АТК необходимо отдельно указать на требования в области охраны окружающей среды при производстве и эксплуатации автомобильных и иных транспортных средств. При производстве и эксплуатации автотранспортных средств необходимо соблюдать действующие нормативы допустимого воздействия на окружающую среду. Кроме того, сами автотранспортные средства и эксплуатационные материалы, в том числе топливо и шины, должны удовлетворять установленным техническим нормативам¹ на выбросы газообразных и видимых загрязняющих веществ, климатических газов, шум и вибрацию. Технические нормативы приведены в соответствующих технических регламентах. Данные нормы напрямую не связаны с ПДК отдельных примесей в атмосферном воздухе, воде, почве на конкретных площадях территории и устанавливаются как компромисс в удовлетворении разнонаправленных требований (общественная потребность, техническая возможность реализации, стоимость).

Комплексные нормативы в области охраны окружающей среды основываются на существующих санитарно-гигиенических и производственно-хозяйственных нормативах и включают как количественные, так и качественные характеристики

¹ технические нормативы - нормативы, которые установлены в отношении двигателей передвижных источников загрязнения окружающей среды в соответствии с уровнями допустимого воздействия на окружающую среду

вредных воздействий, например токсичность загрязняющих веществ, если подразумевается химическое загрязнение (индекс загрязнения атмосферы – ИЗА). Комплексные критерии позволяют оценивать уровень экологической опасности объекта интегрально по всем видам его воздействия на окружающую среду или, по крайней мере, по некоторым из них, например, по всем загрязняющим веществам, если подразумевается химическое загрязнение (категория опасности автомобиля - КОА) [2].

2.1 Санитарно-гигиенические нормативы

Предельно допустимая концентрация химического соединения во внешней среде – такая концентрация, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни – прямо или опосредованно через экологические системы, а также через возможный экономический ущерб – не возникает соматических или психических заболеваний (в том числе скрытых и временно компенсированных) или изменений состояния здоровья, выходящих за пределы приспособительных физиологических реакций, обнаруживаемых современными методами сразу или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений [3].

Для ликвидации диспропорций между числом новых химических веществ и количеством разрабатываемых гигиенических нормативов в санитарное законодательство введены наряду с ПДК временные ориентировочные безопасные уровни воздействия (ОБУВ) и ориентировочные допустимые уровни (ОДУ).

Гигиенические нормативы входят в состав санитарно-гигиенических норм и правил, а также в государственные стандарты и технические регламенты.

2.1.1 Гигиеническое нормирование химических веществ в атмосферном воздухе населённых мест

Методологические основы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений включают следующие положения [3].

1. Допустимой признается только такая концентрация химического вещества в атмосфере, которая не оказывает на человека прямого или косвенного вредного либо неприятного действия, не влияет на самочувствие и работоспособность.

2. Привыкание к вредным веществам, находящимся в атмосферном воздухе, рассматривается как неблагоприятный эффект.

3. Концентрация химических веществ в атмосфере, которые неблагоприятно действуют на растительность, климат местности, прозрачность атмосферы и бытовые условия жизни населения, считается недопустимой.

Существующая в настоящее время практика гигиенического нормирования загрязняющих веществ в атмосферном воздухе основана главным образом на первых двух критериях вредности. Экологические эффекты атмосферных загрязнений при разработке ПДК учитываются пока редко.

В России устанавливаются нормативы для двух периодов усреднения проб атмосферного воздуха: максимальная разовая и среднесуточная ПДК. Максимальная разовая ПДК (время осреднения пробы 20...30 мин) направлена на предупреждение рефлекторных реакций, связанных с пиковыми, кратковременными подъемами концентраций вредного вещества.

Среднесуточная ПДК предназначена для предотвращения хронического воздействия атмосферных загрязнителей, вызывающих общетоксический или специфический эффект.

За рубежом ПДК атмосферных загрязнителей разрабатывают и для других периодов осреднения, включая среднегодовые. Однако, принятые в отечественном законодательстве среднесуточные ПДК, обоснованные в хронических (четырёхмесячных) экспериментах, по своей сути являются среднегодовыми [3]. В натурных исследованиях выявлены следующие средние соотношения между максимальными концентрациями разных периодов осреднения: максимальные разовые, среднесуточные – 2,5; максимальные разовые, среднегодовые – 10; среднемесячные, среднегодовые – 1,5.

По степени опасности промышленные вредные вещества делятся на четыре класса (таблица 2.1) в зависимости от значений смертельных доз и концентраций для лабораторных животных (DL_{50} и CL_{50}) при пероральном (внутрижелудочном), накожном и ингаляционном путях поступления, а также таких показателей, как зона острого действия (отношение CL_{50} к порогу острого действия), зона хронического действия (соотношение порогов острого и хронического действия), коэффициент возможности ингаляционных отравлений (отношение летучести к показателю токсичности) [3].

Таблица 2.1 – Показатели отнесения загрязняющего вещества к классу опасности по ГОСТ 12.1.007-76

Наименование показателя	Норма для класса опасности			
	I-го	II-го	III-го	IV-го
ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны, мг/м ³	менее 0,1	0,1-1,0	1,1-10,0	более 10,0
Средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг	менее 15	15,0-150,0	151-5000	более 5000
Средняя смертельная доза при нанесении на кожу (DL_{50}), мг/кг	менее 100	100-500	501-2500	более 2500
Средняя смертельная концентрация в воздухе (CL_{50}), мг/м ³	менее 500	500-5000	5001-50000	более 50000
Коэффициент возможности ингаляционного отравления (КВИО)	более 300	300-30	29-3	менее 3
Зона острого действия	менее 6,0	6,0-18,0	18,1-54,0	более 54,0
Зона хронического действия	более 10,0	10,0-5,0	4,9-2,5	менее 2,5

Отнесение вредного вещества к классу опасности производят по показателю, значение которого соответствует наиболее высокому классу опасности. Для веществ I и II классов опасность достижения токсических концентраций в случае превышения ПДК, как правило, наиболее велика.

При содержании в воздухе нескольких загрязняющих веществ, обладающих суммацией действия (синергизмом), например, диоксидов серы и азота; озона, диоксида азота и формальдегида, сумма их концентраций не должна превышать при расчете единицы:

$$C_1/\text{ПДК}_1 + C_2/\text{ПДК}_2 + \dots + C_n/\text{ПДК}_n \leq 1, \quad (2.1)$$

где C_1, C_2, C_n – фактические концентрации вредных веществ в воздухе, мг/м³;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ – максимальные разовые предельно допустимые концентрации вредных веществ, которые установлены для их изолированного присутствия, мг/м³.

2.1.2 Нормирование химических веществ в воздухе рабочей зоны

Критерии установления ПДК в воздухе рабочей зоны отличаются от критериев обоснования гигиенических нормативов атмосферных загрязнителей [3].

ПДК вредных веществ в воздухе рабочей зоны определяется как концентрация, которая при ежедневной (кроме выходных дней) работе в течение 8 ч (но не более 40 ч в неделю) за весь период деятельности не вызывает заболеваний или отклонений в состоянии здоровья работающего и его потомков, обнаруживаемых современными методами исследований во время работы или в отдаленные сроки жизни.

Различают максимальные разовые и среднесменные ПДК рабочей зоны. Первые устанавливают для всех без исключения химических веществ, используемых в промышленности или сельском хозяйстве. Среднесменные ПДК разрабатывают наряду с максимальными разовыми для химических веществ,

обладающих выраженными кумулятивными свойствами (т.е. способных накапливаться в организме и вызывать хронические отравления). В зависимости от особенностей вредного действия в списки ПДК вносят пометки об опасности вещества при попадании на кожу и слизистые оболочки глаз, аллергизирующем, канцерогенном, остронаправленном и фиброгенном действиях (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Предельно-допустимые концентрации некоторых газообразных веществ в атмосферном воздухе и воздухе производственных помещений

Вещество	ПДК в атмосферном воздухе, мг/м ³	ПДК в воздухе рабочей зоны, мг/м ³
диоксид азота	максимальная разовая 0,085	2,0
	среднесуточная 0,04	
диоксид серы	максимальная разовая 0,5	10,0
	среднесуточная 0,05	
монооксид	максимальная разовая 5,0	в течение рабочего дня 20,0
		в течение 60 минут 50,0*
	среднесуточная 3,0	в течение 30 минут 100,0*
		в течение 15 минут 200,0*

* Повторные работы в условиях промышленного содержания СО в воздухе рабочей зоны могут проводиться с перерывом не менее 2 часов

2.1.3 Гигиеническое нормирование качества водной среды

Особенности нормирования качества водной среды обусловлены несколькими факторами [3].

1. Гигиенических позиций оценивается уровень загрязнения воды, предназначенной для хозяйственно-питьевого, культурно-бытового и рыбохозяйственного назначения.

2. Нормативы качества воды распространяются не на весь водный объект, а только на пункты водопользования населения.

3. Вода используется населением не только для питья, приготовления пищи, личной гигиены, но и для хозяйственно-бытовых и рекреационных целей. В связи с этим при нормировании учитывается как непосредственное влияние загрязнителей на организм (санитарно-токсикологический показатель вредности),

так и их влияние на органолептические свойства воды и процессы самоочищения воды водоемов (органолептический и общесанитарный показатели вредности).

4. Для всех водных объектов, используемых населением (поверхностные и подземные воды, питьевая вода, вода систем горячего водоснабжения), устанавливаются единые гигиенические нормативы.

Для оценки качества воды используют четыре группы показателей [3]:

- органолептические (запах, вкус, цветность, мутность, пенистость, наличие пленок);

- гидрохимические: рН, содержание кислорода, минерализация (сухой остаток, карбонаты, гидрокарбонаты, сульфаты, хлориды, фториды, общая жесткость, катионы кальция, магния, калия, натрия), биогенные элементы (аммоний, нитриты, нитраты, фосфаты, железо);

- содержание химических токсикантов;

- микробиологические показатели.

Для оценки химического состава воды используются предельно-допустимые концентрации.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования (ПДК) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать прямого или косвенного влияния на организм человека в течение всей его жизни и на здоровье последующих поколений и не должна ухудшать гигиенические условия водопользования.

Предельно допустимая концентрация в воде водоема, используемого для рыбохозяйственных целей (ПДК_{р.х.}) – это максимальная концентрация вредного вещества в воде, которая не должна оказывать вредного влияния на популяции рыб, в первую очередь промысловых. Это такие максимальные концентрации вредных веществ, при постоянном присутствии которых в водоеме не регистрируются случаи гибели рыб и организмов, являющихся кормом для них, не наблюдается исчезновения тех или иных видов рыб, для жизни которых водоем ранее был пригоден, не происходит порчи товарных качеств обитающей в водоеме рыбы.

При нормировании химических веществ в воде учитываются показатели (критерии) вредного воздействия (признаки вредности) загрязняющих веществ.

Так, при нормировании качества воды в водоемах хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования используют следующие признаки вредности:

- органолептический, характеризующий влияние вещества на изменение свойств воды, определяемых органами чувств человека;
- общесанитарный, характеризующий влияние вещества на процессы самоочищения водоема за счет биохимических и химических реакций при участии естественной микрофлоры;
- санитарно-токсикологический, характеризующий влияние вещества на организм человека и лабораторных животных.

Для водоемов, используемых для рыбохозяйственных целей, дополнительно используют следующие признаки вредности:

- токсикологический, характеризующий токсичность вещества для живых организмов, населяющих водный объект;
- рыбохозяйственный, который определяет порчу качества промысловых рыб.

В основу нормирования (определения величины ПДК для водоема) положен лимитирующий показатель вредности (ЛПВ), под которым понимают наибольшее отрицательное влияние, оказываемое данным веществом в водоеме. Исследование каждого вещества обязательно проводят по всем необходимым показателям вредности. По каждому из них находят пороговую концентрацию. В качестве ПДК принимают минимальную из всех пороговых концентраций, а сам показатель вредности устанавливают как лимитирующий.

Во многих случаях величины ПДК для водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования превышают ПДК для рыбохозяйственных водных объектов, то есть последние нормативы обычно более жесткие. При использовании водоема для разных типов водопользования оценка качества воды производится по самой жесткой ПДК.

Состав и свойства воды в водных объектах должны соответствовать нормативам в створе (поперечном сечении), заложенном на водотоках на расстоянии 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования, а на непроточных водоемах – в радиусе 1 км от пункта водопользования.

Загрязняющие вещества в воде в зависимости от их токсикометрических показателей делят на IV класса (наиболее опасны вещества I класса), причем эти классы могут не совпадать с классом опасности вещества в воздухе или почве (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – ПДК некоторых вредных веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого водопользования, мг/л

Вещество	ПДК	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
Марганец	0,1	Органолептический, цветной	III
Медь	1,0	Органолептический, появление привкуса	III
Нефть многосернистая	0,1	Органолептический, образование плёнок на поверхности воды	IV
Фенол	0,001	Органолептический, изменение запаха воды	IV
Цинк	1,0	Общесанитарный	III

Кроме того, выделяют еще класс 4э – «экологический». Сюда относятся вещества, действие которых проявляется в изменении экологических условий водоема (эвтрофирование, минерализация и т.д.).

При наличии в воде веществ I и II классов опасности с одинаковым лимитирующим признаком вредности рассчитывается эффект суммации. Для таких веществ по каждому лимитирующему показателю вредности сумма отношений их фактических концентраций к соответствующим ПДК не должна превышать единицы:

$$\sum_{i=0}^n \frac{C_i}{\text{ПДК}_i} \leq 1, \quad (2.2)$$

где C_i – фактическая концентрация i -го вещества, мг/л

ПДК $_i$ – предельная допустимая концентрация i -го вещества, мг/л.

Природные воды являются объектами и других видов водопользования – промышленного водоснабжения, орошения, судоходства, гидроэнергетики и т.д. Например, в сельском хозяйстве нормируют качество воды для полива растений, для поения скота. Качество воды, используемой для промышленного водоснабжения, определяется видом производства и ролью воды в технологическом процессе. Вода используется как технологическое сырье, растворитель, теплоноситель и т.д. Строгие требования по качеству предъявляются к воде, используемой для питания паровых котлов, в некоторых отраслях химической и радиоэлектронной промышленности, при производстве лекарств и в ряде других производств.

2.1.4 Гигиеническое нормирование химических веществ в почве

Почва представляет собой сложную малодинамичную систему, меняющуюся на небольших климато-ландшафтных территориях. Основные положения теории и практики гигиенического нормирования содержания вредных веществ в почве заключаются в следующем [3].

1. Не всякое поступление химических веществ в почву следует рассматривать как опасное для здоровья человека и окружающей среды.

2. Безопасность поступления химических веществ в почву определяется недопустимостью превышения адаптационной возможности самых чувствительных групп населения или порога экологической (самоочищающей) способности почвы.

3. Установление норматива основывается на данных, полученных в экстремальных почвенно-климатических условиях (максимальная миграция

вещества в контактирующие с почвой среды) с учетом влияния на процессы самоочищения и микробиоценоза.

4. Гигиенические нормативы устанавливаются с учетом лимитирующего показателя вредности: общесанитарного, миграционного водного, воздушного (переход из почвы в воду или воздух), органолептического, фитоаккумуляционного (переход и накопление в растениях) и санитарно-токсикологического. Последний учитывает возможность поступления веществ, содержащихся в почве, в организм человека одновременно несколькими путями: с пылью, вдыхаемым атмосферным воздухом, питьевой водой, продуктами питания и др.

5. Если учитывать чрезвычайную вариабельность климатогеографических условий формирования почв, то экспериментально обоснованную ПДК можно рассматривать как эталонную величину отсчета, используемую для оценки опасности загрязнения почвы в конкретных почвенно-климатических условиях.

Предельно допустимая концентрация химического вещества в почве – максимальное его количество (в мг/кг пахотного слоя абсолютно сухой почвы), установленное в экстремальных почвенно-климатических условиях, которое гарантирует отсутствие отрицательного прямого или опосредованного через контактирующие с почвой среды воздействия на здоровье человека, его потомство и санитарные условия жизни населения.

Принципиальная схема гигиенического нормирования предусматривает обоснование пороговых концентраций вещества по шести показателям вредности: органолептическому (изменение запаха, привкуса, пищевой ценности фитотест-растений, а также запаха атмосферного воздуха, вкуса, цвета и запаха воды); общесанитарному (влияние на процессы самоочищения почвы); фитоаккумуляционному (транслокационному); водно-миграционному, воздушно-миграционному, санитарно-токсикологическому. В таблице 2.4 приведены ПДК некоторых химических веществ в почве.

Таблица 2.4 – Предельно допустимые концентрации некоторых химических веществ в почве, мг/кг

Вещество	ПДК	Лимитирующий признак
Бенз(а)пирен	0,02	Общесанитарный
Бензин	0,1	Воздушно-миграционный
Мышьяк	2	Транслокационный

Наряду с вышеописанными существуют ПДК вредных веществ в продуктах питания, допустимые уровни выделения вредных веществ из полимерных материалов в контактирующие с ними среды (вода, воздух, продукты питания). Устанавливаются также нормативы выделения опасных химических веществ, образующихся в результате термодеструкции различных материалов. Эти нормативы используются при гигиенической оценке новых материалов и изделий с целью недопущения выпуска продукции, создающей опасность для здоровья человека из-за миграции химических соединений или образования в результате горения высокотоксичных компонентов.

2.1.5 Нормирование физических воздействий

К негативному физическому воздействию на окружающую среду относится вредное воздействие шума, вибрации, теплового воздействия, ионизирующего излучения, электрических, электромагнитных, магнитных полей и других физических факторов, изменяющих температурные, энергетические, волновые, радиационные и другие физические свойства компонентов окружающей среды, влияющие на здоровье человека и окружающую среду. В различных нормах и правилах детализирован каждый из указанных видов воздействия на окружающую среду. Ниже представлено описание, касающееся гигиенического нормирования шума и ряда других физических факторов, связанных с функционированием АТК.

Предельно допустимый уровень (ПДУ) шума – это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений. Соблюдение ПДУ шума не исключает нарушение здоровья у сверхчувствительных лиц. [4].

При нормировании шума учитываются различные состояния человека, как физиологические, так и вызванные различными заболеваниями (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Допустимые уровни шума для помещений жилых домов, общественных зданий, лечебно-профилактических, учебных и торгово-развлекательных учреждений (СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»)

Назначение помещений	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБа	Максимальные уровни звука, дБа
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Жилые комнаты квартир, жилые помещения домов отдыха, пансионатов, домов интернатов для престарелых и инвалидов, спальные помещения в детских дошкольных учреждениях и школах интернатах	с 7 до 23 ч	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
	с 23 до 7 ч	72	55	44	35	29	25	22	20	18	30	45
Номера гостиниц и жилые комнаты общежитий	с 7 до 23 ч	83	67	57	49	34	40	37	35	33	45	60
	с 23 до 7 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Палаты больниц и санаториев, операционные больницы	с 7 до 23 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
	с 23 до 7 ч	69	51	39	31	24	20	17	14	13	25	40

Кабинеты врачей, поликлиник, амбулаторий, диспансеров, больниц, санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
--	--	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----	----

Продолжение таблицы 2.5

Назначение помещений	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБа	Максимальные уровни звука, дБа
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Классные помещения, учебные кабинеты, учительские комнаты, аудитории школ и других учебных заведений, конференц-залы, читальные залы библиотек	24 часа в сутки	79	63	52	45	39	35	32	30	28	40	55
Залы кафе, ресторанов, столовых	24 часа в сутки	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
Торговые залы магазинов, пассажирские залы аэропортов и вокзалов, приёмные пункты предприятий бытового обслуживания	24 часа в сутки	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75

Установлены допустимые уровни шума для общественных территорий (таблица 2.6).

Таблица 2.6 – Допустимые уровни шума для общественных территорий (СНиП 23-03-2003 «Защита от шума»)

Назначение помещений	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБа	Максимальные уровни звука, дБа
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		

Территории, прилегающие к зданиям больниц и санаториев	с 7 до 23 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
	с 23 до 7 ч	76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50

Продолжение таблицы 2.6

Назначение помещений	Время суток	Уровни звукового давления, дБ, в октановых полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Уровни звука и эквивалентные уровни звука, дБа	Максимальные уровни звука, дБа
		31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000		
Территории, непосредственно прилегающие к жилым домам, зданиям поликлиник, амбулаторий, диспансеров, домов отдыха, пансионатов, домов интернатов для престарелых и инвалидов, детских дошкольных учреждений, школ и других учебных заведений, библиотек	с 7 до 23 ч	90	75	66	59	54	50	47	45	44	55	70
	с 23 до 7 ч	83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60
Территории, непосредственно прилегающие к зданиям гостиниц и общежитий	с 7 до 23 ч	93	79	70	63	59	55	53	51	49	60	75
	с 23 до 7 ч	86	71	61	54	49	45	42	40	39	50	65
Площадки отдыха на территории больниц и санаториев		76	59	48	40	34	30	27	25	23	35	50
Площадки отдыха на территории микрорайонов и групп жилых домов, домов отдыха, пансионатов, домов интернатов для престарелых и инвалидов, площадки детских дошкольных		83	67	57	49	44	40	37	35	33	45	60

учреждений, школ и др. учебных заведений													
---	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--

Для нормирования постоянного шума выбраны следующие параметры:

- уровень звукового давления L_p , дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами 63, 125, 250, 500, 1000, 2000, 4000, 8000 Гц;
- уровень интенсивности звука L_J , дБА.

В случае непостоянного шума нормируемыми параметрами являются:

- эквивалентный уровень звука $L_{J_{\text{экв}}}$, дБА;
- максимальный уровень звука $L_{J_{\text{max}}}$, дБА.

Под эквивалентным (по звуковой энергии) уровнем звука $L_{J_{\text{экв}}}$ непостоянного шума понимается уровень звука постоянного широкополосного шума, значение звукового давления которого совпадает со значением среднеквадратичного звукового давления непостоянного шума за определённый временной интервал. Для оценки $L_{J_{\text{экв}}}$ уровни звука разбивают на диапазоны по 5 дБА. Каждый диапазон характеризуется средним значением L_J^i . Тогда $L_{J_{\text{экв}}}$ определяется по следующей формуле, дБА:

$$L_{J_{\text{экв}}} = 10 \cdot \lg \left(\frac{1}{100} \cdot \sum_{i=1}^n t_i \cdot 10^{0,1 \cdot L_J^i} \right), \quad (2.3)$$

где L_J^i – среднее значение уровня звука диапазона i , дБА;

n – число диапазонов;

t_i - относительное время действия шума диапазона i (в процентах от времени измерения), %.

За максимальный уровень интенсивности звука $L_{J_{\text{max}}}$ принят уровень интенсивности звука, соответствующий максимальному показанию шумомера, в течение 1 % времени измерения.

Шумовыми характеристиками источников внешнего шума для автотранспортных потоков на улицах и дорогах является эквивалентный уровень звука $L_{АЭКВ}$, дБА, на расстоянии 7,5 м от оси первой полосы движения (для трамваев - на расстоянии 7,5 м от оси ближнего пути).

Аналитический обзор других факторов физического воздействия на окружающую среду и особенности их гигиенического нормирования, представлен в виде таблицы 2.7.

Таблица 2.7 – Факторы физического воздействия на окружающую среду и особенности их гигиенического нормирования

Физический фактор	Нормируемые параметры	Нормативные документы
Вибрация	Предельно-допустимый уровень производственной вибрации ² и допустимый уровень вибрации в жилых и общественных зданиях ³ по значениям виброскорости и виброускорения и их логарифмическим уровням в установленных диапазонах частот	Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.566-96 «Производственная вибрация, вибрация в помещениях жилых и общественных зданий»
Тепловое воздействие	Допустимое повышение температуры воды в водных объектах в результате сброса сточных вод ⁴	Санитарные правила и нормы СанПиН 2.1.5.980-00 «Гигиенические требования к охране поверхностных вод»

² Это уровень фактора, который при ежедневной (кроме выходных дней) работе, но не более 40 часов в неделю в течение всего рабочего стажа, не должен вызывать заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследований в процессе работы или в отдаленные сроки жизни настоящего и последующих поколений

³ Это уровень фактора, который не вызывает у человека значительного беспокойства и существенных изменений показателей функционального состояния систем и анализаторов, чувствительных к вибрационному воздействию

⁴ Летняя температура воды в результате сброса сточных вод не должна повышаться более чем на 3 °С по сравнению со среднемесячной температурой воды самого жаркого месяца года за последние 10 лет

Продолжение таблицы 2.7

Физический фактор	Нормируемые параметры	Нормативные документы
Ионизирующее ⁵ и неионизирующее излучения ⁶	Предельно-допустимый уровень облучения населения ⁷ по напряжённости электрического поля и индукции магнитного поля, а также предельно-допустимая норма радиационного воздействия ⁸	СанПиН 2971-84 «Санитарные нормы и правила защиты населения от воздействия электрического поля, создаваемого воздушными линиями электропередачи переменного тока промышленной частоты»; СанПиН 2.2.4.1191-03 «Электромагнитные поля в производственных условиях»; СанПиН 2.2.4.3359-16 «Санитарно-эпидемиологические требования к физическим факторам на рабочих местах»; ГН 2.1.8/2.2.4.2262-07 «Предельно допустимые уровни магнитных полей частотой 50 Гц в помещениях жилых, общественных зданий и на селитебных территориях»; СанПиН 2.6.1.2523-09 «Нормы радиационной безопасности (НРБ-99/2009)»

⁵ Это корпускулярные излучения, которые состоят из частиц с массой покоя, которая отличается от нуля (альфа-, бета-частицы, нейтроны) и электромагнитные излучения (рентгеновское и гамма-излучение), которые при взаимодействии с веществами могут образовывать в них ионы

⁶ Это электромагнитные излучения различной частоты, не вызывающие ионизацию атомов и молекул вещества

⁷ Это значения параметров электромагнитных полей, которые при ежедневном воздействии в свойственных для данного источника режимах не вызывают у населения, без ограничения пола и возраста, заболеваний или отклонений в состоянии здоровья, обнаруживаемых современными методами исследования в период облучения или в отдаленные сроки после его прекращения

⁸ Дозовый предел для лиц группы А (все, кто постоянно или временно работает непосредственно с источником радиационного воздействия), получаемый индивидуально за календарный год, при котором равномерное облучение за 50 лет последующей жизни не может вызвать в организме неблагоприятных изменений, обнаруживаемых современными методами и средствами

2.2 Экологические (производственно-хозяйственные) нормативы

Экологическими нормативами регламентируются выбросы и сбросы вредных веществ, образование и размещение отходов, уровни физических воздействий относящихся к источникам загрязнения окружающей среды в результате производственно-хозяйственной деятельности.

Для источников загрязнения атмосферы определяются нормативы допустимых выбросов (НДВ⁹) загрязняющих веществ, гидросферы – нормативы допустимы сбросов (НДС¹⁰) загрязняющих веществ, литосферы – нормативы образования (НОО¹¹) и лимиты на размещение отходов (ЛРО¹²).

Согласно статье 22 Федерального закона №7-ФЗ НДС и НДС определяются для стационарного источника и (или) совокупности стационарных источников в отношении загрязняющих веществ, включенных в перечень загрязняющих веществ, установленный Правительством Российской Федерации, расчетным путем на основе нормативов качества окружающей среды, в том числе нормативов ПДК, с учетом фонового состояния компонентов природной среды.

НОО и ЛРО определяются на основании расчетов и имеющихся данных об удельном образовании отходов при производстве продукции, выполнении работ, оказании услуг согласно Приказа Минприроды РФ от 25.02.2010 №50 (в редакции от 25.07.2014) «О Порядке разработки и утверждения нормативов образования отходов и лимитов на их размещение».

⁹ НДВ – нормативы выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для выброса в атмосферный воздух стационарными источниками

¹⁰ НДС – нормативы сбросов загрязняющих веществ в составе сточных вод в водные объекты, которые определяются как объем или масса химических веществ либо смеси химических веществ, микроорганизмов, иных веществ, как показатели активности радиоактивных веществ, допустимые для сброса в водные объекты стационарными источниками

¹¹ НОО – установленное количество отходов конкретного вида при производстве единицы продукции

¹² ЛРО - предельно допустимое количество отходов конкретного вида, которые разрешается размещать определенным способом на установленный срок в объектах размещения отходов с учетом экологической обстановки на данной территории

Необходимость определения указанных выше нормативов устанавливается двумя законами: 1) №7-ФЗ «Об охране окружающей среды» - для НДС и НДС; 2) №89-ФЗ «Об отходах производства и потребления» - для НОО и ЛРО (таблица 2.8).

Таблица 2.8 – Рекомендации по определению нормативов для объектов разной категории

Категория объекта и уровень негативного воздействия на окружающую среду	Рекомендации по определению нормативов	
	НДВ и НДС	НОО и ЛРО
I категория - объекты, оказывающие значительное негативное воздействие на окружающую среду и относящиеся к областям применения наилучших доступных технологий ¹³	Определение нормативов производится юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, планирующими строительство объектов данной категории при проведении оценки воздействия на окружающую среду	Определение нормативов производится юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах данной категории

Продолжение таблицы 2.8

Категория объекта и	Рекомендации по определению нормативов
---------------------	--

¹³ Наилучшая доступная технология - технология производства продукции (товаров), выполнения работ, оказания услуг, определяемая на основе современных достижений науки и техники и наилучшего сочетания критериев достижения целей охраны окружающей среды при условии наличия технической возможности ее применения

уровень негативного воздействия на окружающую среду	НДВ и НДС	НОО и ЛРО
II категория - объекты, оказывающие умеренное негативное воздействие на окружающую среду	Определение нормативов производится юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, планирующими строительство объектов данной категории (при проведении оценки воздействия на окружающую среду), а также осуществляющими хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах данной категории	Определение нормативов производится юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, осуществляющими хозяйственную и (или) иную деятельность на объектах данной категории
III категория – объекты, оказывающие незначительное негативное воздействие на окружающую среду	Определение нормативов для объектов данной категории не предусматривается за исключением радиоактивных, высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами (веществ I, II класса опасности)	Определение нормативов для объектов данной категории не предусматривается, но требуется предоставление отчётности об образовании, использовании, обезвреживании и размещении отходов

Продолжение таблицы 2.8

Категория объекта и уровень негативного	Рекомендации по определению нормативов	
	НДВ и НДС	НОО и ЛРО

воздействия на окружающую среду		
IV категория - объекты, оказывающие минимальное негативное воздействие на окружающую среду	Определение нормативов для объектов данной категории не предусматривается	Определение нормативов и предоставление отчётности для объектов данной категории не предусматривается

Критерии отнесения объектов к определённой категории утверждены постановлением Правительством РФ от 28 сентября 2015 г. №1029. Присвоение объекту соответствующей категории осуществляется при постановке на государственный учет объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. При установлении критериев, на основании которых осуществляется отнесение объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду, к соответствующей категории, учитываются:

- уровни воздействия на окружающую среду видов хозяйственной и (или) иной деятельности (отрасль, часть отрасли, производство);
- уровень токсичности, канцерогенные и мутагенные свойства загрязняющих веществ (I класс – чрезвычайно опасные вещества; II – высокоопасные вещества; III – умеренно опасные вещества; IV – малоопасные вещества), содержащихся в выбросах, сбросах загрязняющих веществ, а также классы опасности отходов производства и потребления (I класс – чрезвычайно опасные отходы; II класс – высокоопасные отходы; III класс – умеренно опасные отходы; IV класс – малоопасные отходы; V класс – практически неопасные отходы);
- классификация промышленных объектов и производств;
- особенности осуществления деятельности в области использования атомной энергии.

Производственно-хозяйственные нормативы включены в комплексные экологические разрешения и декларации о воздействии на окружающую среду. Данные документы действуют в рамках экологической сертификации хозяйственной деятельности, которая в РФ осуществляется в соответствии с положениями статьи 21 Федерального закона от 27 декабря 2002 года №184-ФЗ «О техническом регулировании».

По законодательству комплексное экологическое разрешение обязательно для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих производственно-хозяйственную деятельность на объектах I категории. Комплексное экологическое разрешение включает следующие пункты:

- технологические нормативы;
- нормативы допустимых выбросов, сбросов высокотоксичных веществ, веществ, обладающих канцерогенными, мутагенными свойствами (веществ I, II класса опасности), при наличии таких веществ в выбросах и сбросах загрязняющих веществ;
- нормативы допустимых физических воздействий;
- нормативы образования отходов и лимиты на их размещение;
- требования к обращению с отходами производства и потребления;
- согласованную программу производственного экологического контроля;
- срок действия комплексного экологического разрешения.

Для юридических лиц и индивидуальных предпринимателей, осуществляющих производственно-хозяйственную деятельность на объектах II категории вместо комплексного экологического разрешения предусмотрена процедура подачи декларации о воздействии на окружающую среду, которая отражает декларируемые объем или массу выбросов, сбросов загрязняющих веществ, образываемых и размещаемых отходов. Декларация подкрепляется расчётами НДС и НДС.

Освобождены от получения комплексного экологического разрешения и подачи декларации о воздействии на окружающую среду юридические лица и

индивидуальные предприниматели осуществляющие производственно-хозяйственную деятельность на объектах III и IV категорий.

Результаты расчёта производственно-хозяйственных нормативов служат для формирования платёжной базы для исчисления платы за негативное воздействие на окружающую среду, от которой освобождены только объекты IV категории.

Нормативы санитарно-защитных зон (СЗЗ), также как и экологические нормативы обеспечивают качество окружающей среды ограничивая негативное воздействие производственно-хозяйственной деятельности [5]. СЗЗ устанавливается вокруг объектов, оказывающих негативное воздействие на окружающую среду. Это специальная территория с особым режимом использования, размер которой обеспечивает уменьшение химического, биологического, физического и других видов негативного воздействия на окружающую среду до значений, установленных санитарно-гигиеническими нормативами.

Ориентировочный размер СЗЗ обосновывается расчетами ожидаемого загрязнения атмосферного воздуха (с учетом фона) и физического воздействия (шума, вибрации, электромагнитных полей и др.) и подтверждается результатами натурных исследований и измерений. Согласно Федеральному закону от 30 марта 1999 года №52-ФЗ «О санитарно-эпидемиологическом благополучии населения» (в редакции от 26.07.19) проект СЗЗ утверждается, если он соответствует санитарным нормам СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03 «Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов». В соответствии с санитарной классификацией промышленных объектов и производств устанавливаются следующие ориентировочные размеры СЗЗ:

- 1) I класс – 1000 м;
- 2) II класс – 500 м;
- 3) III класс – 300 м;
- 4) IV класс – 100 м;
- 5) V класс – 50 м.

2.3 Экологические требования к автотранспортным средствам и моторным топливам

Экологические требования к АТС сформированы в виде системы с двумя уровнями иерархии (рисунок 2.2): 1) для новых АТС, закладываемые и выполняемые на этапах проектирования и производства; 2) для АТС, находящихся в эксплуатации, которые учитывают изменение технического состояния в процессе эксплуатации и ограничивают влияние данного изменения на уровень экологической опасности [6].

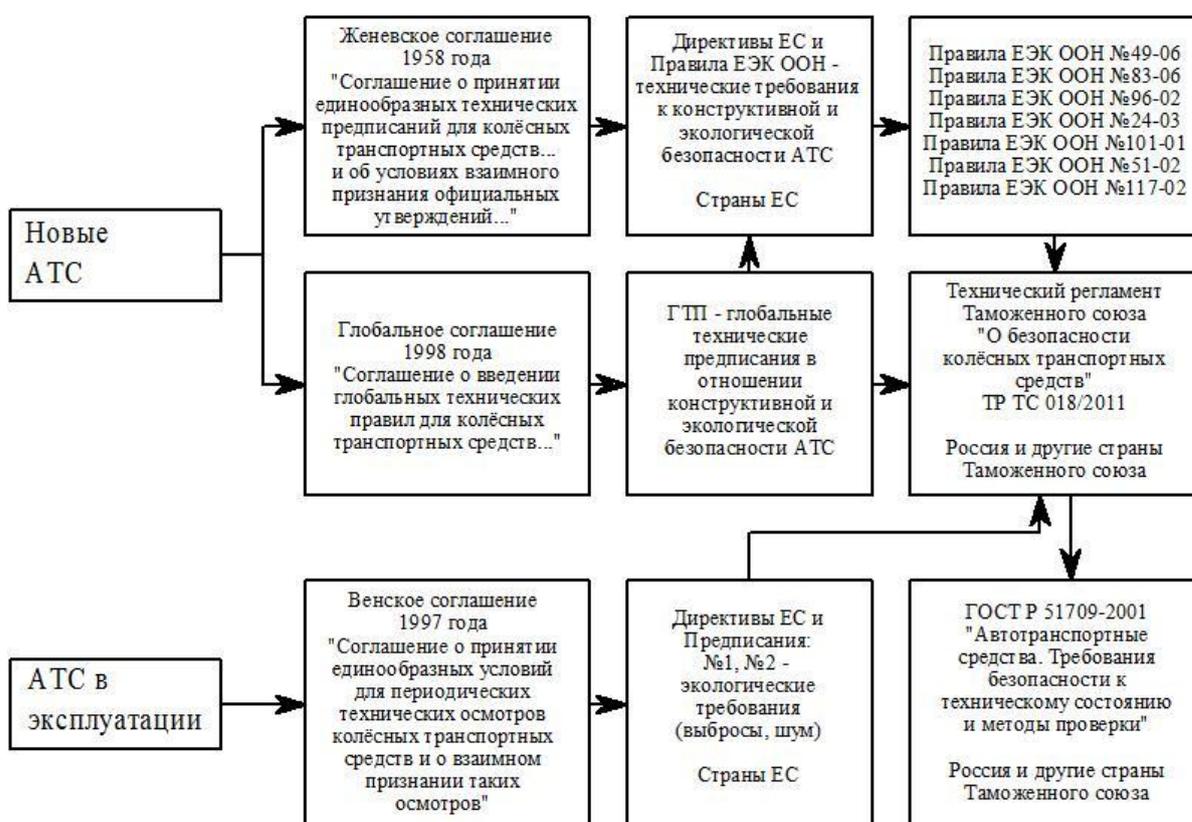


Рисунок 2.2 – Структура экологических требований к АТС

Основная тенденция первого уровня – это глобализация, которая проявляется в замещении национальных стандартов наднациональными.

Наблюдается развитие Правил Женевского Соглашения 1958 года за счёт дополнения директив ЕС и Правил ЕЭК ООН глобальными техническими предписаниями (ГТП) в рамках Глобального Соглашения 1998 года.

Второй уровень определяется Венским соглашением 1997 года и действующими на в его рамках Предписаниями.

Российские экологические стандарты для АТС полностью гармонизированы с европейскими, что находит отражение в техническом регламенте Таможенного союза «О безопасности колёсных транспортных средств». Данный технический регламент полностью повторяет европейские экологические требования к АТС, причём на двух уровнях иерархии, с некоторым опозданием по времени ввода в действие (касается только первого уровня). ТР ТС 018/2011 носит ссылочный характер на Правила ЕЭК ООН.

В европейских и российских экологических требованиях к АТС на первом уровне выделяются четыре группы, рисунок 2.3.



Рисунок 2.3 – Группировка европейских и российских экологических требований к АТС

Данные стандарты, кроме экологических требований к АТС, регламентируют также долговечность и безотказность систем нейтрализации ОГ и функционирование бортовой диагностики АТС.

Первая группа требований направлена на выбросы газообразных ЗВ с автомобилями и двигателями. Правила ЕЭК ООН № 49 разработаны для грузовых автомобилей и автобусов, № 83 – легковых автомобилей и легких грузовиков, № 96

– дизелей для внедорожной техники. Нормируются: оксид углерода (CO), суммарные углеводороды (THC), неметановые углеводороды (NMHC), оксиды азота (NO_x), суммарные углеводороды в сумме с оксидами азота (THC+NO_x), дисперсные частицы (PM). Количество нормируемых ЗВ имеет размерность в г/км для АТС и в г/кВт·ч для ДВС.

Вторая группа требований направлена на выбросы видимых загрязняющих ЗВ (Правила ЕЭК ООН № 24). Определяются и сравниваются: коэффициент поглощения k , выраженный в м⁻¹, и коэффициент ослабления света N в %.

Третья группа требований направлена на выбросы климатических газов. В Правилах ЕЭК ООН № 101 прописаны процедуры определения выбросов CO₂ (в г/км) и потребления энергии (для АТС категорий M1, N1).

Четвёртая группа требований регламентирует шумовые характеристики АТС и автомобильных шин. Правилами ЕЭК ООН № 51 определяются предельные величины уровней шума автомобилей. В данных Правилах в качестве нормативного показателя используется скорректированный по шкале «А» уровень L_A интенсивности акустического излучения (уровень звука) движущегося автомобиля в дБА. Правилами ЕЭК ООН № 117 определяются шумовые характеристики автомобильных шин при их взаимодействии с дорожным покрытием.

В России с 1 января 2015 года действует ТР ТС 018/2011, которым устанавливается наличие шести экологических классов АТС, начиная с экологического класса 0. Российская экологическая классификация соответствует Правилам ЕЭК ООН № 49, 83, 96 (нормы ЕВРО). Кроме требований к выбросам газообразных ЗВ, действующий технический регламент содержит требования к выбросам видимых ЗВ, «климатических» газов и транспортному шуму, при этом полностью повторяя и ссылаясь на Правила ЕЭК ООН №24, 101, 51, 117. ТР ТС 018/2011 используется в качестве нормативной базы в процедуре одобрения типа АТС, когда производится контроль нормативов первого уровня. Кроме того, данный технический регламент служит для нормирования технического состояния АТС, находящихся в эксплуатации, то есть является источником экологических

требований второго уровня, соблюдение которых контролируется при периодическом техническом осмотре.

При периодическом техническом осмотре для автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями ограничивается содержание CO в ОГ в режиме холостого хода. Для автомобилей с дизельными двигателями ограничивается дымность ОГ в режиме свободного ускорения. Регламентируется также уровень внешнего шума АТС при работе двигателя на холостом ходу.

Методы проверки на соответствие приведённым требованиям определены ГОСТ Р 51709-2001 «Автотранспортные средства. Требования безопасности к техническому состоянию и методы проверки», на который в техническом регламенте имеется ссылка.

Выполнение жёстких экологических требований для АТС и ДВС не возможно без соответствующего топлива, физико-химические и моторные свойства которого в Европе регламентируются Евронормами EN 228 и EN 590. Рассмотрим экологическую составляющую при модернизации российской нормативно-технической документации, регламентирующей качество моторного топлива (рисунок 2.4).

С советских времён в РФ действовали два государственных стандарта, которые определяли ассортимент, свойства и качество выпускаемых моторных топлив. Это ГОСТ 2084-77 «Бензины автомобильные. Технические условия» и ГОСТ 305-82 «Топливо дизельное. Технические условия». Первые изменения коснулись бензинов с введением ГОСТ Р 51105-97 «Топлива для двигателей внутреннего сгорания. Неэтилированный бензин».

Необходимость такого стандарта обозначилась с распространением в РФ автомобилей, удовлетворяющих нормам ЕВРО и оснащённых, в этой связи, системами нейтрализации отработавших газов. ГОСТ 2084-77 допускал использование этилированных бензинов с содержанием свинца до $0,17 \text{ г/дм}^3$, что отрицательно сказывалось на эффективности работы и ресурсе систем нейтрализации.

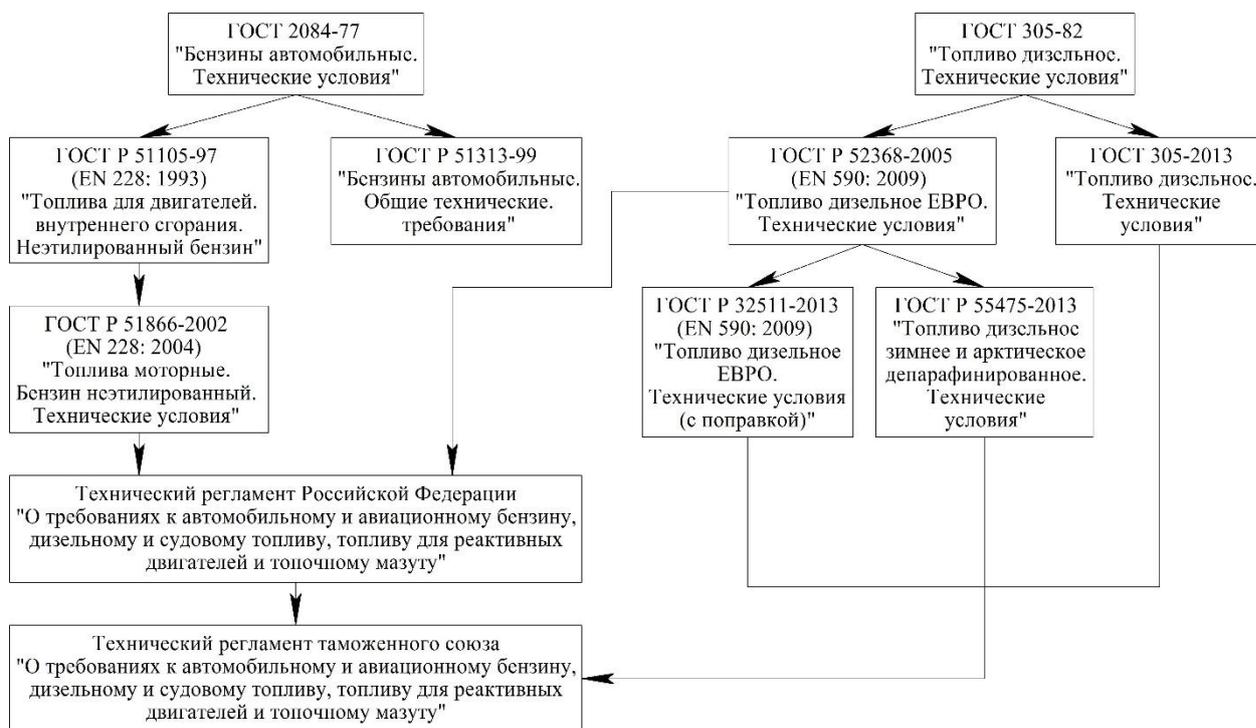


Рисунок 2.4 – Структура системы стандартов, регламентирующих физико-химические и моторные свойства моторных топлив в РФ

Введение ГОСТ P 51105-97 исключило использование этилированных бензинов, причём запрещались все металлосодержащие антидетонационные присадки, как на основе свинца, так и марганца и железа. ГОСТ P 51866-2002 «Топлива моторные. Бензин неэтилированный. Технические условия» стал логичным продолжением ГОСТ P 51105-97 в части распространения требований на высокооктановые сорта неэтилированного бензина. Если ГОСТ P 51105-97 касался только двух марок такого бензина – это Нормаль-80 и Регуляр-92 (октановое число по исследовательскому методу не менее, соответственно, 80 и 92), то ГОСТ P 51866-2002 позволил дополнить существующий ассортимент ещё двумя марками – это Премиум ЕВРО-95 и Супер ЕВРО-98. Необходимо добавить, что бензины Нормаль-80 и Регуляр-92 по определению не могли называться ЕВРО, как Премиум ЕВРО-95 и Супер ЕВРО-98, так как в европейской нормативной системе не существует бензинов с октановым числом по исследовательскому методу менее 95 единиц.

Вместе с неэтилированными бензинами, удовлетворяющими требованиям ЕВРО, разрешалось использование других бензинов, удовлетворяющих ГОСТ P

51313-99 «Бензины автомобильные. Общие технические требования», который допускал содержание свинца до 0,013 г/дм³. Данный нормативный документ стал продолжением ГОСТ 2084-77, который утратил свою силу. Отличия в основном заключались в значениях октанового числа для выпускаемых бензинов: 72, 76, 91, 93, 95 единиц по исследовательскому методу согласно ГОСТ 2084-77 и 80, 91, 95, 98 единиц по ГОСТ Р 51313-99.

Одновременное существование ГОСТ Р 51105-97, ГОСТ Р 51866-2002, ГОСТ Р 51313-99 стало компромиссом между мировыми экологическими тенденциями, техническими возможностями и технологическим оснащением нефтеперерабатывающих заводов РФ. Компромисс разрешился в пользу мировых тенденций, что проявилось введением в 2008 году Технического регламента РФ «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту». Данный технический регламент стал основным, обязательным к исполнению нормативным документом для производителей автомобильных моторных топлив. Он, согласно нормам ЕВРО, определял четыре экологических класса выпускаемых в РФ неэтилированных бензинов (ГОСТ Р 51313-99 отменяется, что автоматически исключает производство этилированных бензинов). В отношении ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ Р 51866-2002 Технический регламент РФ носил ссылочный характер, то есть ссылался на них в части ассортимента, требований к физико-химическим и моторным свойствам выпускаемых бензинов, а также методов их проверки.

В настоящее время действует Технический регламент Таможенного Союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту» - ТР ТС 013/2011 (введён в действие в РФ в 2015 году). По сути, он содержит те же самые требования, что и предыдущий Технический регламент, но является адаптированным к условиям таможенного союза. ТР ТС 013/2011 также устанавливает экологическую классификацию выпускаемых в РФ бензинов (таблица 2.9) и сроки действия (на территории РФ в настоящее время разрешено использование бензина экологического класса не ниже К5).

Таблица 2.9 – Требования к характеристикам автомобильного бензина
(выдержка из ТР ТС 013/2011)

Характеристики автомобильного бензина	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса			
		К2	К3	К4	К5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	150	50	10
Объёмная доля бензола, не более	%	5	1	1	1
Массовая доля кислорода, не более	%	не определяется	2,7	2,7	2,7
Объёмная доля углеводородов, не более:	-	-	-	-	-
- ароматических	%	не определяется	42	35	35
- олефиновых	%	не определяется	18	18	18
Октановое число, не менее:	-	-	-	-	-
- по исследовательскому методу	-	80	80	80	80
- по моторному методу	-	76	76	76	76
Давление насыщенных паров:	-	-	-	-	-
- в летний период	кПа	35-80	35-80	35-80	35-80
- в зимний период	кПа	35-100	35-100	35-100	35-100
Концентрация железа, не более	мг/дм ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Концентрация марганца, не более	мг/дм ³	отсутствие	отсутствие	отсутствие	отсутствие
Концентрация свинца ¹⁴ , не более	мг/дм ³	5	5	5	5
Объёмная доля монометиланилина, не более	%	1,3	1,0	1,0	отсутствие
Объёмная доля оксигенатов, не более:	-	-	-	-	-
- метанола ¹⁵	%	не определяется	1	1	1
- этанола	%	не определяется	5	5	5
- изопропанола	%	не определяется	10	10	10
- третбуанола	%	не определяется	7	7	7
- изобутанола	%	не определяется	10	10	10

Продолжение таблицы 2.9

¹⁴ Для Российской Федерации для экологических классов К2, К3, К4 и К5 отсутствие.

¹⁵ Для Российской Федерации для экологических классов К3, К4 и К5 отсутствие.

Характеристики автомобильного бензина	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса			
		K2	K3	K4	K5
- эфиров, содержащих 5 и более атомов углерода в молекуле	%	не определяется	15	15	15
- других оксигенатов (с температурой конца кипения не выше 210 °С)	%	не определяется	10	10	10

Экологическая классификация автомобильных бензинов основывается на нормах ЕВРО для топлив и, кроме металлосодержащих присадок, учитывает и другие опасности для окружающей среды.

Существующие технологии производства традиционных моторных топлив не всегда могут обеспечить требуемое сочетание взаимообусловленных моторных свойств. Однако октановое число традиционного бензина можно повысить за счёт присадок на основе свинца, железа и марганца, а также оксигенатов – кислородсодержащих добавок, в качестве которых используются низшие спирты и простые эфиры.

Первый способ не приемлем и запрещён действующим техническим регламентом Таможенного Союза «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и мазуту» (таблица 2.9). Связан запрет, прежде всего, с высокой токсичностью металлических присадок, особенно тетраэтилсвинца, который на выходе из камеры сгорания даёт оксид свинца (Pb_2O_5), обладающий канцерогенным и мутагенным эффектом. Кроме того, они являются причиной нагарообразования, сокращения ресурса свечей зажигания и каталитических нейтрализаторов.

Второй способ даёт хороший результат в отношении октанового числа, однако ухудшает другие моторные свойства топлив. В частности спирты токсичны (особенно метанол), плохо растворимы в углеводородах, гигроскопичны и коррозионно активны. Бензоспиртовые смеси повреждают уплотнительные материалы и цветные металлы, расслаиваются на отдельные составляющие при низких температурах окружающей среды. При использовании оксигенатов в 2...4 раза возрастают выбросы альдегидов и наблюдается тенденция к увеличению

концентрации оксидов азота в отработавших газах. Вследствие указанных выше причин концентрация оксигенатов в автомобильных бензинах ограничивается, а содержание метанола вообще не допускается (таблица 2.9). Для автомобильных бензинов экологического класса К5 не допускается также добавка других антидетонаторов, например монометиланилина.

Ограничение использования присадок и добавок предопределяет воздействие на углеводородный состав с увеличением доли ароматических и олефиновых углеводородов, которые способствуют повышению октанового числа бензина. Однако их чрезмерное использование ведёт к нагарообразованию и выбросам канцерогенных углеводородов. Так бензол – типичный представитель группы ароматических углеводородов, - создаёт угрозу как при непосредственном контакте с парами бензина, так и при выбросе продуктов его сгорания с отработавшими газами. Следовательно, изменение углеводородного состава топлива также должно жёстко регламентироваться, что по факту и наблюдается: ТР ТС 013/2011 ограничивает содержание бензола, других ароматических и олефиновых углеводородов в бензинах (таблица 2.9).

Указанные запрещения и ограничения имеют место уже в ГОСТ Р 51105-97 и ГОСТ Р 51866-2002 (рисунок 2.4). Однако систематизированы они именно в ТР ТС 013/2011, где отражено постепенное ужесточение норм от одного экологического класса автомобильного бензина к другому (таблица 2.9).

Изменения коснулись также и дизельного топлива (рисунок 2.4). С введением ГОСТ Р 52368-2005 «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия» дизельное топливо в РФ подразделилось на обычное и ЕВРО. Причём ГОСТ 305-82, регламентирующий свойства обычного дизельного топлива, в незначительной редакции в форме ГОСТ 305-2013 продолжает действовать и сейчас. Нормативный документ 2013 года является лишь адаптацией ГОСТ 305-82 к условиям Таможенного Союза, хотя он и принял характер межгосударственного стандарта (в рамках таможенного союза).

Опять некий компромисс. С одной стороны производится дизельное топливо ЕВРО с улучшенными свойствами, предназначенное для автомобилей,

удовлетворяющих требованиям ЕВРО, которых в РФ становится всё больше. С другой – продолжается выпуск обычного дизельного топлива, у которого отмечается высокое содержание серы и полициклических ароматических углеводородов, что является причинами токсичных выбросов оксидов серы, сажи и углеводородов. Полициклические ароматические углеводороды в дизельном топливе нежелательны из-за повышенного образования сажи. Она в совокупности с несгоревшими полициклическими ароматическими углеводородами несёт канцерогенную опасность.

Дальнейшее развитие ГОСТ Р 52368-2005 получил в 2008 году в Техническом регламенте РФ «О требованиях к автомобильному и авиационному бензину, дизельному и судовому топливу, топливу для реактивных двигателей и топочному мазуту», который ссылается на него, когда речь идёт об ассортименте, физико-химических и моторных свойствах выпускаемых дизельных топлив. Кроме того, на его основе формируется ГОСТ 32511-2013 (EN 590:2009) «Топливо дизельное ЕВРО. Технические условия (с поправкой)». Поправка касалась введения экологической классификации дизельных топлив, сроков и условий её реализации в условиях Таможенного Союза. ГОСТ 32511-2013 в рамках Таможенного Союза получает статус межгосударственного.

Сегодня для дизельных топлив, также как и для автомобильных бензинов, основным, обязательным к исполнению нормативным документом является ТР ТС 013/2011. Он содержит экологическую классификацию (таблица 2.10), отражающую общую тенденцию к ужесточению экологических норм на дизельные топлива по содержанию полициклических ароматических углеводородов и серы.

Кроме того, в дизельном топливе ограничивается содержание метиловых эфиров жирных кислот – компонента биодизельного топлива, что тоже является признаком гармонизации российских и европейских стандартов. При этом в России допускается использование дизельных топлив только экологического класса К5.

Таблица 2.10 – Требования к характеристикам дизельного топлива (выдержка из ТР ТС 013/2011)

Характеристики дизельного топлива ¹⁶	Единица измерения	Нормы в отношении экологического класса			
		К2	К3	К4	К5
Массовая доля серы, не более	мг/кг	500	350	50	10
Температура вспышки в закрытом тигле, не ниже:	-	-	-	-	-
- для летнего и межсезонного дизельного топлива	°С	40	40	55	55
- для зимнего и арктического дизельного топлива	°С	30	30	30	30
Фракционный состав – 95 процентов объёмных перегоняется при температуре, не выше	°С	360	360	360	360
Массовая доля полициклических ароматических углеводородов, не более	%	-	11	11	8
Цетановое число, не менее	-	-	-	-	-
- для летнего дизельного топлива	-	45	51	51	51
- для зимнего и арктического дизельного топлива	-	не определяется	47	47	47
Смазывающая способность, не более	мкм	не определяется	460	460	460
Предельная температура фильтруемости, не выше	-	-	-	-	-
- летнее дизельное топливо	°С	не определяется	не определяется	не определяется	не определяется
- зимнее дизельное топливо ¹⁷	°С	минус 20	минус 20	минус 20	минус 20
- арктическое дизельное топливо	°С	минус 38	минус 38	минус 38	минус 38
- межсезонное дизельное топливо ¹⁸	°С	минус 15	минус 15	минус 15	минус 15

¹⁶ Допускается содержание в дизельном топливе не более 7 % (по объёму) метиловых эфиров жирных кислот.

¹⁷ Для Республики Казахстан не более минус 15 °С для экологических классов К2, К3, К4, К5.

¹⁸ Для Республики Казахстан не более минус 5 °С для экологических классов К2, К3, К4, К5.

ГОСТ Р 55475-2013 «Топливо дизельное зимнее и арктическое депарафинизированное. Технические условия» (рисунок 2.4) имеет статус действующего только в РФ и распространяет требования экологической классификации дополнительно на указанные в нём марки дизельного топлива.

2.4 Комплексные нормативы в области охраны окружающей среды

Комплексные нормативы в области охраны окружающей среды рассмотрим на примере комплексной оценки качества атмосферы урбанизированных территорий [7].

Комплексная экологическая оценка стационарных и передвижных источников выбросов ЗВ урбанизированных территорий (территориально-производственных комплексов (ТПК)) схематично представлена на рисунке 2.5.

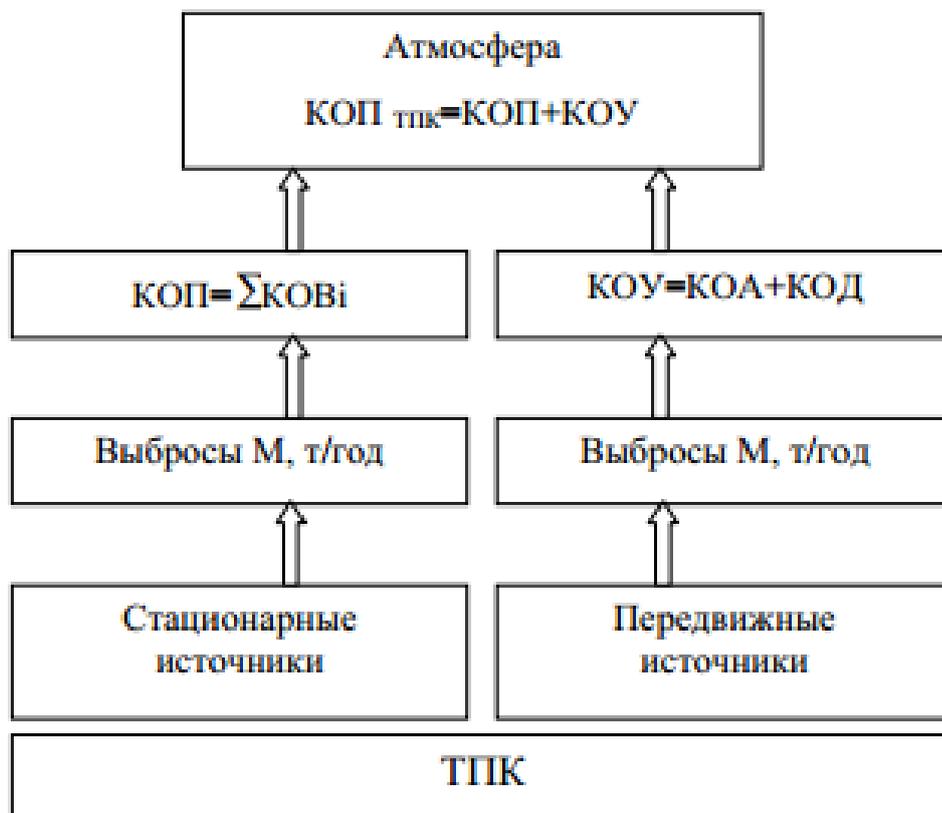


Рисунок 2.5 – Комплексная оценка качества атмосферы урбанизированных территорий [7]

Вначале определяется количество выбросов отдельных ЗВ каждого источника и их сумма. Однако количество выбросов ЗВ не является достаточной характеристикой экологической опасности, которая объективно оценивается только КОВ – категорию опасности вещества, м³/с:

$$\text{КОВ}_i = (M_i/\text{ПДК}_i)^{\alpha_i}, \quad (2.3)$$

где M_i - количество выбросов i -го ЗВ в атмосферу, мг/с;

ПДК_i - среднесуточная ПДК i -го ЗВ в атмосфере населённого пункта, мг/м³;

α_i - безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го ЗВ с вредностью диоксида серы.

Далее определяются категории опасности улиц (КОУ), предприятий (КОП) и всего территориально-производственного корпуса (КОП_{ТПК}). Данные показатели суммируют в себе категории опасности всех ЗВ от соответствующих источников. Например, категория опасности автомобиля (КОА) является суммой категорий опасности n -го количества ЗВ $\sum_{i=1}^n \text{КОВ}_i$, входящих в отработавшие газы автомобиля. Причём КОА может отражать уровень экологической опасности как отдельно взятого автомобиля, так и целой совокупности автомобилей, движущихся по улично-дорожной сети – автотранспортного потока.

Комплексным показателем качества атмосферы автомобильной дороги является КОУ – категория опасности улицы. Она определяется через КОА – категорию опасности автотранспортного потока и КОД – категорию опасности автомобильной дороги, м³/с:

$$\text{КОУ} = \text{КОА} + \text{КОД}. \quad (2.4)$$

Для комплексной оценки воздействия стационарных источников используется категория опасности предприятия (КОП), которая является суммой категорий опасности ЗВ, выбрасываемых предприятием.

На основе категорий опасности стационарных и передвижных источников загрязнения воздушного бассейна изучаемой урбанизированной территории определяется категория опасности КОП_{ТПК} (категория опасности всего территориально-производственного комплекса).

Кроме категории опасности применяются и другие комплексные нормативы. Например, расчётный комплексный индекс загрязнения атмосферы (РКИЗА), который является индикатором качества атмосферы [7]:

$$\text{РКИЗА} = \sum_{i=1}^r [(C_{M,i(\text{ст.})} + C_{M,i(\text{авт.})}) / \text{ПДК}_i]^{\beta_i}, \quad (2.5)$$

где $C_{M,i(\text{ст.})}$ и $C_{M,i(\text{авт.})}$ - максимальные приземные концентрации i -го ЗВ от стационарных источников и автотранспортных потоков, мг/м³;

ПДК_i - предельно-допустимая концентрация i -го ЗВ в атмосфере населённого пункта, мг/м³;

β_i – безразмерная константа, позволяющая соотнести степень вредности i -го ЗВ с вредностью диоксида серы;

r – количество ЗВ.

Установлены следующие степени опасности уровня загрязнения атмосферного воздуха: низкая (РКИЗА=0...4), повышенная ((РКИЗА=5...6), высокая ((РКИЗА=7...13), очень высокая ((РКИЗА≥14).

2.5 Контрольные вопросы к разделу 2

1 Опишите структуру экологических нормативов и требований согласно Федеральному закону «Об охране окружающей среды».

2 Что понимается под нормативами качества окружающей среды?

- 3 Что понимается под нормативами допустимого воздействия на окружающую среду?
- 4 Что понимается под требованиями в области охраны окружающей среды?
- 5 Какие цели преследуются при разработке и использовании комплексных нормативов в области охраны окружающей среды?
- 6 Назовите основные принципы гигиенического нормирования атмосферных загрязнений.
- 7 Какие виды ПДК химических веществ в атмосферном воздухе существуют?
- 8 Опишите классификацию веществ, загрязняющих атмосферу.
- 9 Назовите основные принципы гигиенического нормирования качества водной среды.
- 10 Назовите группы показателей качества водной среды.
- 11 Какие виды ПДК химических веществ в воде существуют?
- 12 Назовите признаки вредности, используемые при нормировании качества воды водоёмов. Что такое лимитирующий признак вредности?
- 13 Опишите классификацию веществ, загрязняющих водную среду.
- 14 Как определяется эффект суммации вредного действия загрязняющих веществ при нормировании качества окружающей среды?
- 15 Назовите основные принципы гигиенического нормирования качества почв.
- 16 Назовите признаки вредности, используемые при нормировании качества почв. Что такое лимитирующий признак вредности?
- 17 Назовите нормируемые параметры основных физических факторов.
- 18 Назовите шумовые характеристики источников внешнего шума для автотранспортных потоков на улично-дорожной сети.
- 19 Каким нормативом определяется допустимое воздействие предприятий автотранспортного комплекса на атмосферу?
- 20 Каким нормативом определяется допустимое воздействие предприятий автотранспортного комплекса на гидросферу?

21 Каким нормативом определяется допустимое воздействие предприятий автотранспортного комплекса на литосферу?

22 Какое назначение имеют санитарно-защитные зоны? Каким образом их размер связан с санитарной классификацией предприятий?

23 Что такое комплексное экологическое разрешение? Для каких предприятий его выдача является обязательной?

24 Что такое декларация о воздействии на окружающую среду? Для каких предприятий её подача является обязательной?

25 Опишите структуру требований в сфере обеспечения экологической безопасности АТС.

26 Сгруппируйте европейские экологические стандарты по виду требований к экологическим характеристикам новых АТС.

27 В чём проявляется ужесточение европейских экологических стандартов для новых АТС?

28 В чём проявляется модернизация российских экологических стандартов для новых АТС?

29 Назовите основные требования технического регламента таможенного союза ТР ТС 018/2011 в отношении экологических характеристик АТС, находящихся в эксплуатации.

30 Назовите экологические тенденции развития в области повышения качества моторных топлив.

31 Назовите экологические характеристики моторных топлив согласно ТР ТС 013/2011.

32 Как экологические требования ТР ТС 013/2011 соотносятся с международными стандартами?

33 Приведите пример использования комплексных нормативов для защиты окружающей среды от промышленно-транспортных воздействий.

2.6 Список использованных источников к разделу 2

1 Об охране окружающей среды [Электронный ресурс]: Федеральный закон от 10.01.2002 № 7-ФЗ. Принят Государственной Думой 20.12.2001. Одобрен Советом Федерации 26.12.2001 // КонсультантПлюс : справочная правовая система / разработ. НПО «Вычисл. математика и информатика». – Москва : КонсультантПлюс, 1997-2018. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_34823/ - 07.11.2018.

2 Бондаренко Е.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов, О.В. Чекмарёва, В.В. Васильева, М.В. Коротков // Орёл: ОрёлГТУ, 2010. – 254 с.

3 Протасов, В.Ф. Экология, здоровье и природопользование в России / В.Ф. Протасов, А.В. Молчанов. – Москва: Финансы и статистика, 1995. – 528 с.

4 Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и территории жилой застройки [Электронный ресурс]: Санитарные нормы СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Утверждено Постановлением Госкомсанэпиднадзора России от 31.10.1996 г. №36 // КонсультантПлюс : справочная правовая система / разработ. НПО «Вычисл. математика и информатика». – Москва : КонсультантПлюс, 1997-2018. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_103805/ - 07.11.2018.

5 Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов [Электронный ресурс]: санитарно-эпидемиологические правила и нормативы СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Утверждено Постановлением Главного государственного врача РФ от 25.09.2007 № 74 (ред. от 25.04.2014) // КонсультантПлюс : справочная правовая система / разработ. НПО «Вычисл. математика и информатика». – Москва : КонсультантПлюс, 1997-2018. – Режим доступа : http://www.consultant.ru/document/cons_doc_LAW_74669/ - 07.11.2018.

6 Филиппов, А.А. Развитие нормативной базы, регламентирующей экологическую безопасность автотранспортных средств // Вестник Оренбургского государственного университета. 2015. № 9 (184). С. 200-206.

7 Сулейманов, И.Ф. / И.Ф. Сулейманов, Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов, А.М. Федотов Особенности организации движения автомобилей по экологическим критериям // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2017. - Т. 21. - № 6. С. 149–158.

3 Методы экологической оценки объектов автотранспортного комплекса

Объективная экологическая оценка объектов автотранспортного комплекса необходима для разработки эффективных мероприятий по соблюдению установленных нормативов и требований в сфере охраны окружающей среды. Используемые для этого методы и методики условно делятся на расчётные и инструментальные. Рассматривать их необходимо в категориях «автомобиль», «автотранспортный поток», «автомобильная дорога», «предприятия автомобильного транспорта». Правильность такой логической последовательности обосновывается в разделе 1 настоящего учебного пособия, а кроме того является удачным форматом при изучении всего многообразия методов и методик экологической оценки объектов автотранспортного комплекса.

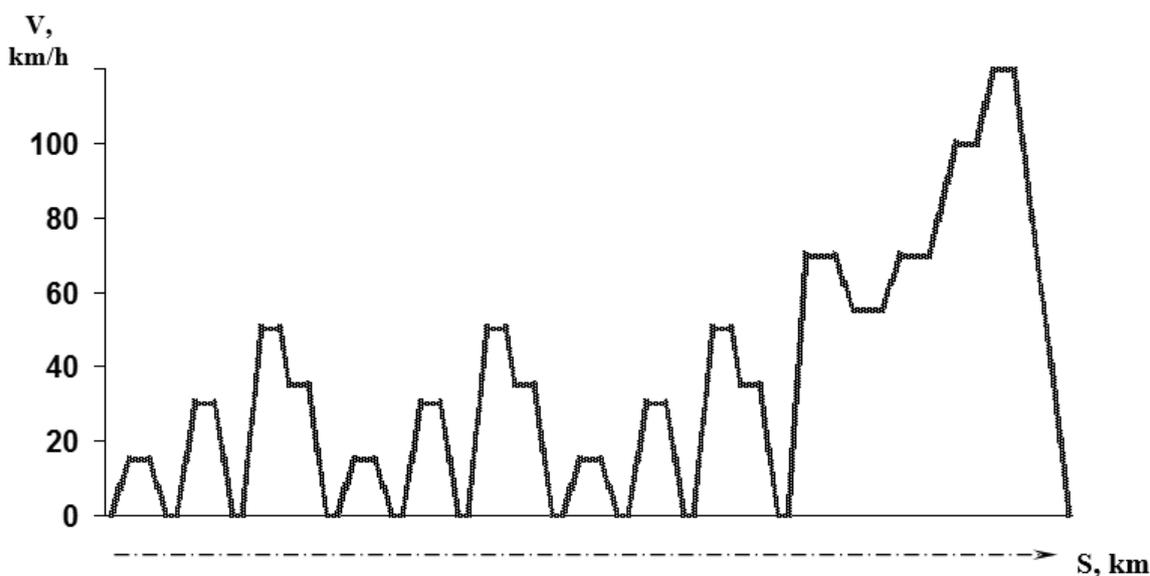
3.1 Методы экологической оценки автомобиля

Автомобиль является функциональной единицей и низшим иерархическим элементом системы автотранспортного комплекса. От других элементов системы его отличают определённые закономерности образования загрязнений, которые зависят от вида и качества используемого топлива, типа организации и совершенства рабочего процесса силового агрегата, наличия или отсутствия систем нейтрализации и очистки отработавших газов, условий эксплуатации и технического состояния. Согласно существующим экологическим нормативам и требованиям методы оценки автомобиля, как источника химических и физических воздействий на окружающую среду, различаются для новых и находящихся в эксплуатации АТС.

3.1.1 Методы экологической оценки новых АТС необходимы для оценки соответствия выпускаемой техники установленным экологическим требованиям при сертификационных испытаниях типа транспортного средства. Они в своей основе инструментальные.

Испытания двигателей легковых автомобилей, легких грузовиков и микроавтобусов проводят в составе автомобиля на беговых барабанах (Правила ЕЭК ООН №83), а испытания ДВС грузовых автомобилей и автобусов на моторном стенде (Правила ЕЭК ООН №49). В качестве примера рассмотрим испытания легковых автомобилей, когда затраты мощности АТС на трение и аэродинамическое сопротивление моделируются при помощи беговых барабанов, инерционных масс и нагрузочного устройства [1].

Испытания основываются на использовании стандартизованного ездового цикла (рисунок 3.1), в котором все режимы (переключение передач, торможение, работа двигателя на холостом ходу, остановки) выбираются так, чтобы обеспечивался примерный уровень соответствия значениям скоростей движения и ускорений, которые характеризуют движение в условиях обычного транспортного потока в большом городе.



ПАРАМЕТРЫ ЦИКЛА

• Полное время цикла, с	1220
• Протяжённость цикла, км	11,007
• Средняя скорость автомобиля, км/ч	32,5
• Средняя скорость автомобиля без учёта холостого хода, км/ч	44,0
• Максимальная скорость автомобиля, км/ч	120
• Доля холостого хода, %	26,2

Рисунок 3.1 – Характеристики ездового цикла по Правилам ЕЭК ООН №83

Отбор проб отработавших газов (ОГ) осуществляется по принятому в 1982 г. в Европе методу отбора проб при постоянном объеме газа (метод CVS – Constant Volume Sampler), когда ОГ от испытываемого автомобиля разбавляются чистым воздухом в отношении 1:10.

Часть полученной таким образом смеси пропускается через специальный бумажный фильтрующий элемент, где определяется содержание дисперсных частиц (PM) измерением увеличения массы пробы (гравиметрический метод). Вторая часть смеси направляется в пламенно-ионизационный детектор, в котором производится непрерывный контроль над концентрацией углеводородов (C_nH_m). Третья часть смеси направляется в сборник, в котором после окончания цикла испытаний производятся замеры концентраций CO и NO_x . Содержание (концентрация c_i) компонентов в ОГ определяется в долях по объему, в % по объему или в ppm и далее используется для расчёта количественных характеристик.

Удельное (за цикл испытаний) количество выбросов i -го компонента отработавших газов $M_i^И$ рассчитывается по следующей формуле, г/испытание:

$$M_i^И = \frac{0,359 \cdot V_{\Gamma} \cdot (p_{\Gamma} - p_s) \cdot c_i \cdot \rho_i}{273 + t_{\Gamma}}, \quad (3.1)$$

где V_{Γ} – замеренный объем газов, л;

p_{Γ} – среднее значение давления в начале и в конце откачивания газа из емкости, мм рт.ст.;

t_{Γ} – среднее значение температуры в начале и в конце откачивания газа из емкости, $^{\circ}C$;

p_s – парциальное давление насыщенных паров воды при температуре t_{Γ} , мм рт.ст.;

c_i – содержание токсичного компонента в долях по объему;

ρ_i – плотность токсичного компонента, г/л.

Если концентрация выражена в % по объему или в ppm, то в формулу вводят соответствующие множители 1/100 или 1/1000000.

При проведении испытаний по уровню внешнего шума используется два режима измерения: 1) при движении АТС; 2) на неподвижном АТС. Измерения производятся с использованием частотной коррекции, соответствующей шкале А, и постоянной времени усреднения F «Быстро» [2].

Для измерения шума, производимого движущимися АТС, выбирается испытательная площадка, соответствующая установленным требованиям, рисунок 3.2.

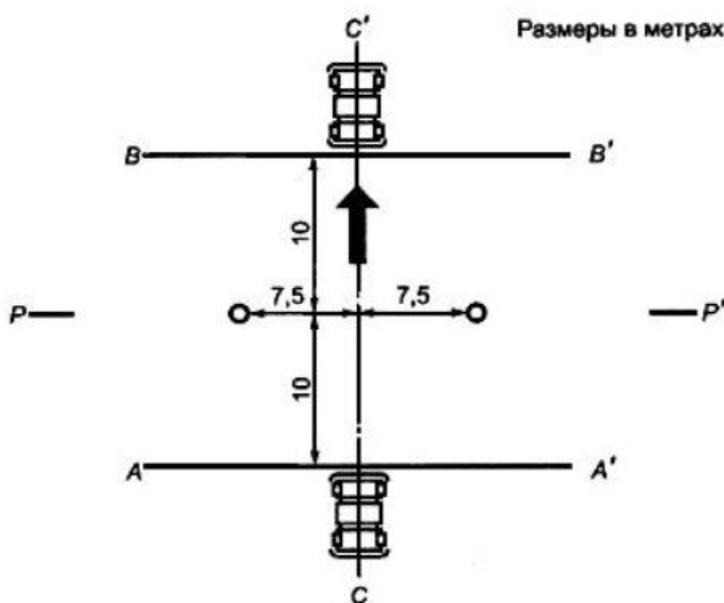


Рисунок 3.2 – Положения для измерений на АТС в движении

Микрофон на испытательной площадке устанавливают на расстоянии $(7,5 \pm 0,2)$ м от контрольной линии CC' и на высоте $(1,2 \pm 0,1)$ м над поверхностью. Ось максимальной чувствительности должна быть горизонтальной и перпендикулярной к центральной оси АТС (линия CC').

На испытательной площадке проводят линии AA' и BB' , параллельные линии PP' и расположенные соответственно на 10 м впереди и позади этой линии – линии установки микрофона.

АТС должно двигаться по прямой линии по направлению к участку разгона таким образом, чтобы плоскость продольного сечения АТС находилась как можно ближе к линии СС' и приближалась к линии АА' с постоянной скоростью. Когда передняя часть АТС доходит до линии АА', следует полностью и максимально быстро нажать педаль подачи топлива до упора и держать ее в этом положении до тех пор, пока задняя часть АТС не пересечет линию ВВ', затем педаль следует как можно быстрее отпустить. Максимальный уровень звука, выраженный в дБА, измеряют в тот момент, когда АТС проходит между линиями АА' и ВВ'. Полученное значение будет являться результатом измерения.

При измерении шума, производимого неподвижными АТС, испытательная площадка также должна удовлетворять установленным требованиям, рисунок 3.3.

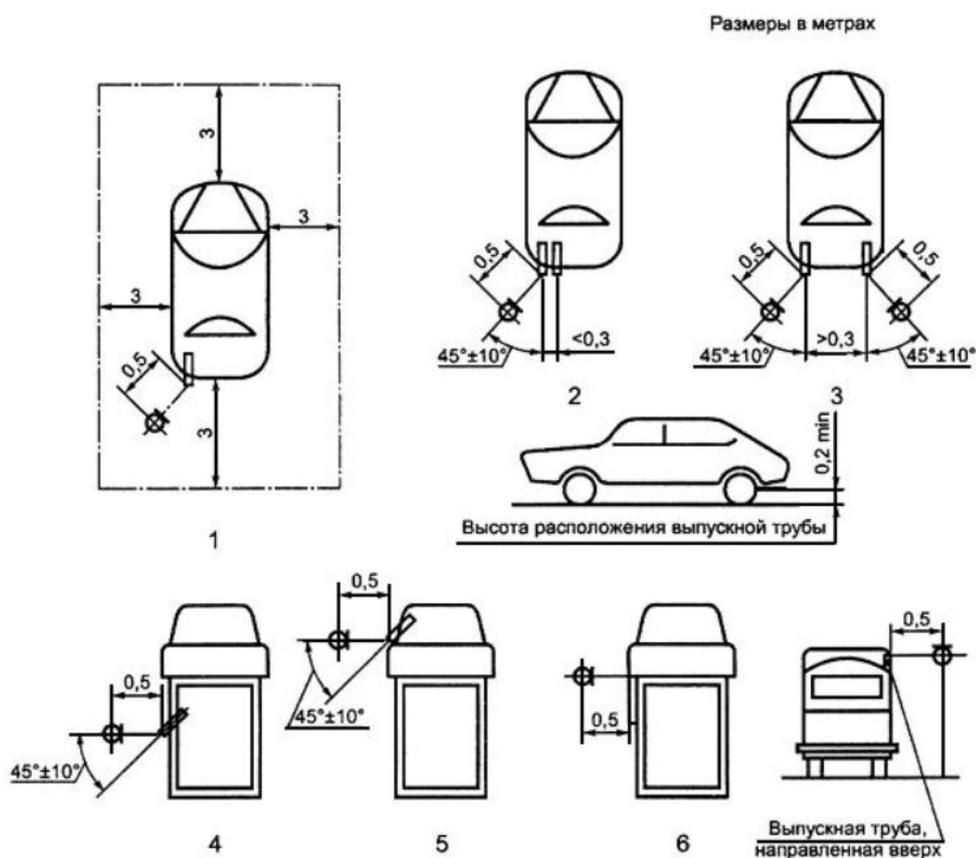


Рисунок 3.3 – Положения для измерений на АТС в неподвижном состоянии

Расположение микрофона над уровнем опорной поверхности должно соответствовать высоте расположения выпускной трубы, однако в любом случае

минимальное расстояние должно быть не менее 0,2 м. Мембрана микрофона должна быть направлена к отверстию выхода газов и размещена на расстоянии 0,5 м от него. Ось максимальной чувствительности микрофона должна быть параллельна опорной поверхности, и составлять угол $(45 \pm 10)^\circ$ с вертикальной плоскостью, которая проходит через направление потока газа.

Двигатель должен работать с постоянной частотой вращения, равной $\frac{3}{4}$ номинальной частоты вращения коленчатого вала, как для двигателей с принудительным зажиганием, так и для дизельных двигателей. При достижении постоянной частоты вращения орган управления подачей топлива быстро возвращается в положение режима минимального холостого хода. Измерение уровня звука производится в течение периода работы двигателя, состоящего из кратковременного периода работы при постоянной частоте вращения и всего периода замедления, причем результатом измерения считается значение, соответствующее максимальному показанию шумомера в дБА.

Действующий метод измерения внешнего шума от АТС получил название метод «В». Его отличие от предыдущего метода «А» в закладываемой модели формирования шума. В новой методике заложена модель формирования шума, в которой 50 % шума создается силовым агрегатом, а 50 % - от динамического взаимодействия шин с дорожным покрытием, в отличие от модели, которая заложена в основу метода «А», где 90 % шума АТС генерирует силовой агрегат.

Методы экологической оценки новых АТС применяются для определения соответствия уровню, который закладывается на этапе проектирования и производства техники. В эксплуатации наблюдается изменение технического состояния, и, связанное с ним, отклонение экологических параметров от нормы для новых АТС. Для контроля технического состояния АТС в процессе эксплуатации применяются методы экологической оценки по составу отработавших газов и уровню внешнего шума.

3.1.2 Методы экологической оценки АТС, находящихся в эксплуатации, менее трудоёмкие и сложные, требуют гораздо более простого аппаратного обеспечения и реализуемы в условиях автотранспортных и автообслуживающих предприятий, в

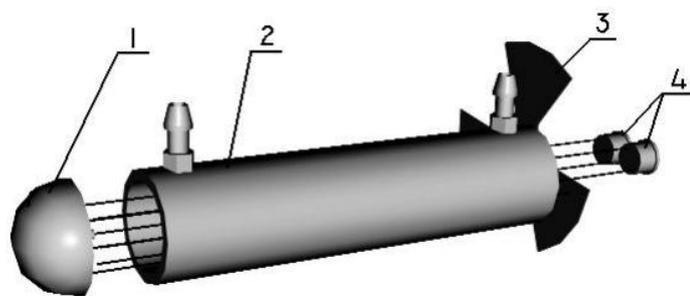
отличие от методов для новых АТС. Связано это с тем, что контролируемые экологические параметры должны быть ещё и диагностическими, то есть должны быть связаны с параметрами технического состояния АТС. Только в этом случае на основе экологических параметров возможно контролировать техническое состояние АТС. Как известно диагностические параметры должны быть чувствительными, однозначными, стабильными и информативными. Такими признаками обладают далеко не все экологические параметры, оцениваемые у новых АТС. Среди них – содержание CO, CO₂, C_nH_m в отработавших газах ДВС с искровым воспламенением и дымность отработавших газов ДВС с воспламенением от сжатия. Кроме того, по уровню внешнего шума АТС также можно судить о техническом состоянии. В этом случае речь идёт о техническом состоянии системы выпуска ДВС (её целостности, наличии/отсутствии или изменении в конструкции). Для контроля указанных экологических параметров используются следующие методы.

3.1.2.1 Измерение содержания компонентов в отработавших газах ДВС с искровым воспламенением.

Требования для АТС с бензиновыми и газовыми двигателями должны выполняться в режиме холостого хода на минимальной (n_{\min}) и повышенной ($n_{\text{пов}}$) частотах вращения коленчатого вала двигателя, установленных изготовителем АТС. При отсутствии данных изготовителя о величине повышенной частоты вращения проверка проводится при частоте вращения коленчатого вала двигателя не ниже 2000 мин⁻¹ (кроме АТС категорий L) и 1500 мин⁻¹ (у АТС категорий L). Значение коэффициента избытка воздуха для АТС экологического класса 3 и выше при повышенной частоте вращения коленчатого вала двигателя должно быть в пределах, установленных изготовителем для целей оценки соответствия типа транспортного средства перед его выпуском в обращение, и составлять $1,00 \pm 0,03$.

Для измерения содержания CO, C_nH_m и CO₂ в отработавших газах применяются газоанализаторы непрерывного действия, принцип действия которых основан на инфракрасной спектроскопии.

Суть метода инфракрасной спектроскопии поясняется на примере оптической схемы двухканального газоанализатора (рисунок 3.4).



1 – излучатель; 2 – кювета; 3 – обтюратор; 4 – приёмники излучения с интерференционными фильтрами

Рисунок 3.4 – Оптическая схема газоанализатора [3]

Отработавшие газы ДВС, поступающие через пробоотборный зонд, под воздействием насоса газоанализатора поступают в кювету (стеклянную колбу) 2. После проведения измерения с помощью насоса выполняется очистка кюветы. Отработавшие газы перед измерением их состава очищаются от влаги, сажи, твёрдых частиц с помощью каплеотбойника и фильтра тонкой очистки.

В газоанализаторе имеется инфракрасный излучатель 1. Основным его элементом является нить из нихрома, которая при нагреве вырабатывает поток излучения.

Поток излучения проходит через кювету 2 и поступает на соответствующий интерференционный фильтр, смонтированный на вращающемся диске-обтюраторе 3. Каждый фильтр пропускает волны определённой длины, соответствующие поглощению их газами CO (длина волны 4,6 мкм), C_nH_m (длина волны 3,3 мкм), CO_2 (длина волны 4,2 мкм). Кроме того, на вращающемся диске-обтюраторе 3 смонтирован сравнительный фильтр, непроницаемый для волн указанной длины.

За вращающимся диском-обтюратором 3 находятся приёмники излучения 4. Они преобразуют световую энергию пропущенных через фильтры волн в электрические сигналы, сила которых пропорциональна интенсивности излучения, и, соответственно, обратно пропорциональна концентрации измеряемых компонентов. Анализ компонентов производится в режиме разделения времени (по очереди). Сигнал с приёмников излучения 4 через устройство выборки и хранения, а

также аналого-цифровой преобразователь поступает на микропроцессор для дальнейших вычислений и, далее, на блок отображения информации.

Для измерения концентрации O_2 в газоанализаторе расположен датчик кислорода, работающий на основе электрохимического метода, суть которого поясняется на рисунке 3.5.

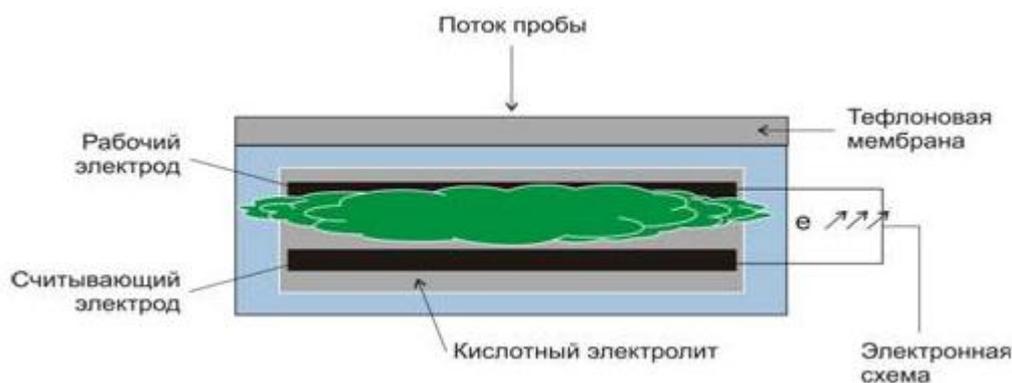


Рисунок 3.5 – Принцип электрохимического метода

Принцип электрохимического метода основан на явлении протекания специфичной химической реакции (электрохимической реакции) в электрохимической ячейке, представляющей собой емкость с раствором электролита с электродами (анодом и катодом).

Анализируемый газ вступает в химическую реакцию с электролитом, заполняющим ячейку. В результате в растворе возникают заряженные ионы, между электродами начинает протекать электрический ток, пропорциональный концентрации анализируемого компонента в пробе. Электрический датчик обрабатывает возникающий электрический сигнал, который пропорционален содержанию кислорода.

Программное обеспечение газоанализатора позволяет определять коэффициент λ избытка воздуха, который рассчитывается по формуле:

$$\lambda = \frac{[CO_2] + \frac{[CO]}{2} + [O_2] + \left(\frac{H_{cv}}{4} \cdot \frac{3,5}{3,5 + \frac{[CO]}{[CO_2]}} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO])}{\left(1 + \frac{H_{cv}}{4} - \frac{O_{cv}}{2} \right) \cdot ([CO_2] + [CO] + (K_1[CH]))}, \quad (3.2)$$

где $[CO_2]$, $[CO]$, $[O_2]$ - объёмная доля диоксида, оксида углерода и кислорода, %;

H_{cv} - отношение числа атомов водорода к числу атомов углерода в бензине, $H_{cv} = 1,7261$;

O_{cv} - отношение числа атомов кислорода к числу атомов углерода в бензине, $O_{cv} = 0,0176$;

K_1 – поправочный коэффициент для пересчёта содержания углеводов, измеренного инфракрасным методом, на гексан. $K_1 = 6 \cdot 10^{-4}$, если сумма углеводов выражена в объёмных долях ($млн^{-1}$) гексана. Значение K_1 может быть уточнено изготовителем прибора;

$[CH]$ - объёмная доля углеводов в пересчёте на гексан, $млн^{-1}$.

Газоанализатор позволяет проводить измерение содержания CO , CO_2 , O_2 в % об., а C_nH_m – в $млн^{-1}$ (ppm). С помощью данного прибора также определяется значение коэффициента избытка воздуха λ . Коэффициент избытка воздуха λ – это безразмерная величина, являющаяся отношением массы воздуха, поступающей в цилиндры ДВС при его работе, к массе воздуха, которая теоретически необходима для полного сгорания топливно-воздушной смеси. Значения $\lambda < 1$ соответствуют богатой топливно-воздушной смеси (т.е. топливо в этой смеси находится в избытке), а значения $\lambda > 1$ – бедной (т.е. топливо в этой смеси находится в недостатке). Причём полное сгорание топлива происходит при коэффициенте избытка воздуха λ , примерно равном единице ($0,97 < \lambda < 1,03$). Это условие соответствует стехиометрической топливно-воздушной смеси.

Требование по количеству измеряемых компонентов (CO , C_nH_m , CO_2 , O_2) не является избыточным, даже несмотря на то, что контролю подлежит только содержание CO , потому что содержание остальных компонентов даёт, во-первых, исходные данные для определения λ по формуле (3.2), а во-вторых, объективную диагностическую картину при определении неисправностей по составу отработавших газов.

Последовательность измерений следующая:

- установить рычаг переключения передач (избиратель скорости для автомобилей с автоматической коробкой передач) в нейтральное положение;
- затормозить автомобиль стояночным тормозом;
- заглушить двигатель (при его работе);
- открыть капот двигателя;
- установить пробоотборный зонд газоанализатора в выпускную трубу автомобиля на глубину не менее 300 мм от среза (при косом срезе выпускной трубы глубина отсчитывается от короткой кромки среза);
- полностью открыть воздушную заслонку карбюратора;
- запустить двигатель;
- увеличить частоту вращения вала двигателя до $n_{пов}$ и проработать на этом режиме не менее 15 с (для автомобиля, оснащённого системой нейтрализации, не менее 4 мин);
- установить минимальную частоту вращения вала двигателя n_{min} и, не ранее чем через 20 с, провести измерение (для автомобиля, оснащённого системой нейтрализации, не ранее чем через 30 с);
- установить повышенную частоту вращения вала двигателя, равную $n_{пов}$ и, не ранее чем через 30 с, провести измерение.

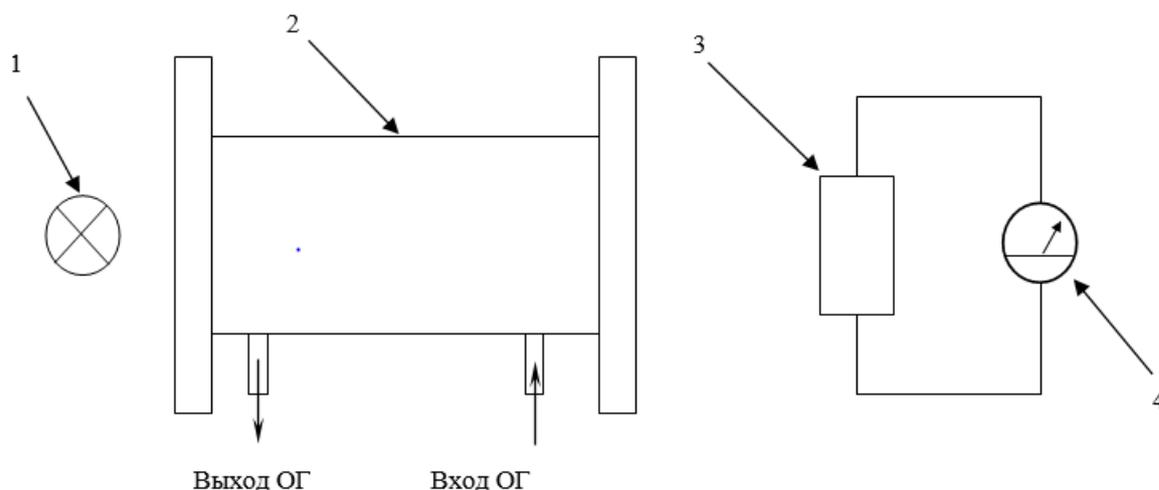
При наличии отдельных выпускных систем у автомобиля измерение следует проводить в каждой из них отдельно. Критерием оценки служит максимальное значение содержания СО (таблица 3.1).

3.1.2.2 Измерение дымности отработавших газов ДВС с воспламенением от сжатия. Техническое состояние дизельных ДВС тесно связано с содержанием сажи (твёрдого углерода С) в отработавших газах. Для дизельных ДВС это единственный экологический параметр, контролируемый по составу отработавших газов, который является одновременно диагностическим. Определяется содержание сажи косвенно по степени непрозрачности столба отработавших газов (уровню дымности). При

оценке уровня дымности отработавших газов дизельных ДВС используется дымомер – прибор, работающий на основе оптического метода, рисунок 3.6.

Таблица 3.1 – Предельное содержание оксида углерода (СО) в отработавших газах АТС с бензиновыми и газовыми двигателями [2]

Категории и комплектация транспортных средств	Частота вращения коленчатого вала двигателя	СО, объёмная доля, процентов, не более
М и N, не оснащенные системами нейтрализации отработавших газов	минимальная	3,5
	повышенная	2,0
М и N, экологического класса 2 и ниже, оснащенные системами нейтрализации отработавших газов	минимальная	0,5
	повышенная	0,3
М и N, экологического класса 3 и выше, оснащенные системами нейтрализации отработавших газов	минимальная	0,3
	повышенная	0,2
L, не оснащенные системами нейтрализации отработавших газов	минимальная	4,5



1 – источник света; 2 – измерительное пространство; 3 – фотоэлемент; 4 – амперметр

Рисунок 3.6 – Принципиальная схема оптического дымомера [1]

Оптический метод определения дымности основан на измерении непрозрачности столба отработавших газов определенной длины, соответствующий эффективной базе L дымомера, т.е. на измерении величины интенсивности поглощения пучка света, проходящего через указанный столб отработавших газов, что фиксируется фотодатчиком. Измеренное значение индицируется в цифровой форме как коэффициент k поглощения света или как коэффициент N ослабления света.

Эффективная база дымомера L , м. Длина траектории лучей света при их прохождении через отработавший газ, заполнивший рабочую трубу дымомера в условиях измерения. Обычно L принимается равной 0,43 м.

Коэффициент поглощения света k , м^{-1} . Значение дымности, измеренное дымомером по основной шкале индикатора с диапазоном от 0 до ∞ . Значение величины k обратно значению длины столба отработавших газов в дымомере в метрах, при прохождении через который сила света светового пучка уменьшается в e раз.

Коэффициент ослабления света N , %. Значение дымности, измеренное дымомером по вспомогательной линейной шкале индикатора с диапазоном от 0 до 100 %. Значение величины N равно отношению значений силы света светового пучка до и после прохождения столба отработавших газов в дымомере.

Пересчёт k в N для дымомера производится по формуле:

$$k = -\frac{1}{L} \ln \left(1 - \frac{N}{100} \right), \quad (3.3)$$

где k – коэффициент поглощения света, м^{-1} ;

L – эффективная база дымомера, м;

N – коэффициент ослабления света, %.

Измерение дымности в режиме свободного ускорения проводят в следующей последовательности:

- при работе двигателя в режиме холостого хода на n_{\min} равномерно перемещают педаль за 0,5..1,0 с до упора;
- держат педаль в этом положении 2...3 с;
- отпускают педаль и через 8...10 с приступают к выполнению следующего цикла;
- циклы свободного ускорения повторяют не менее шести раз;
- измеряют значения k на последних четырех циклах свободного ускорения по максимальному показанию дымомера;
- измеренные значения k считают достоверными, если четыре последовательных значения не образуют убывающей зависимости и располагаются в зоне шириной $0,25 \text{ м}^{-1}$;
- определяют среднеарифметическое значение k четырех последних измерений, которое принимается за результат измерения.

Дымность автомобилей с отдельной выпускной системой измеряют в каждой выпускной трубе. За результат измерения принимают максимальное среднеарифметическое значение k , полученное в одной из выпускных труб.

Для АТС, оснащённых двигателями с воспламенением от сжатия, дымность отработавших газов в режиме свободного ускорения не должна превышать следующих значений: для двигателей экологического класса 3 и ниже – $2,5 \text{ м}^{-1}$ для двигателей без наддува и $3,0 \text{ м}^{-1}$ для двигателей с наддувом; для двигателей экологического класса 4 и выше – $1,5 \text{ м}^{-1}$ [2].

Причинами повышенной дымности отработавших газов могут быть неисправности или несоответствующая регулировка топливоподающей аппаратуры, повышенный износ или повреждение деталей цилиндропоршневой группы, газораспределительного механизма, наддува дизельного двигателя, отказ свечей накаливания.

3.1.2.3 Измерение внешнего шума АТС.

Акустическое излучение ДВС имеет две составляющих – это шумы аэродинамического и структурного происхождения (рисунок 3.7).

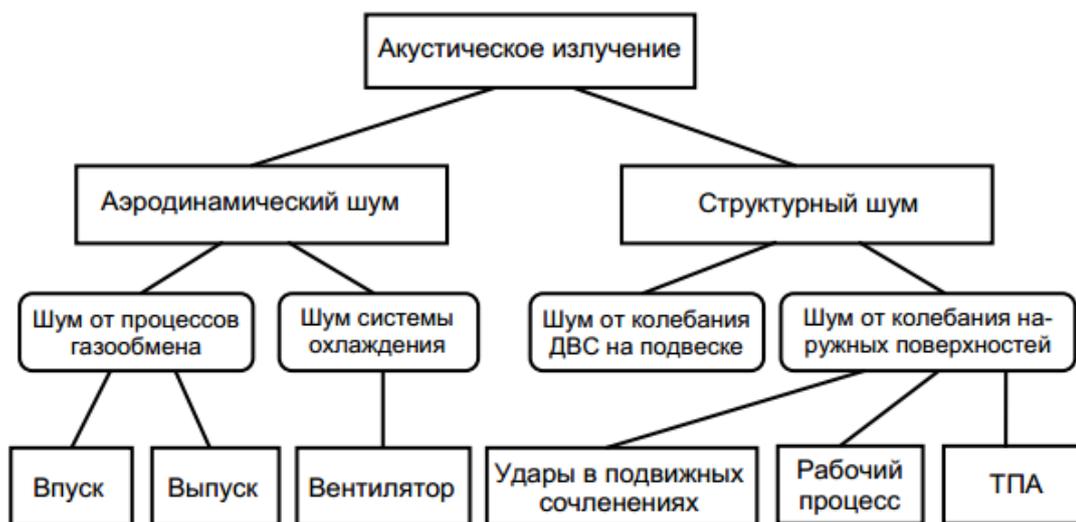
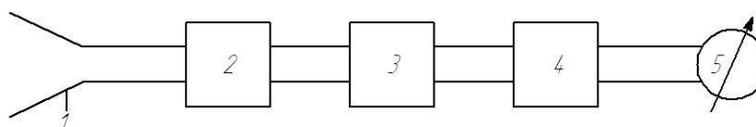


Рисунок 3.7 – Источники шума в ДВС [4]

Структурный шум ДВС по сравнению с аэродинамическим является наиболее громким и трудноустраняемым. Он определяет шум двигателя в физиологически наиболее неблагоприятных средне- и высокочастотной областях спектра [4, 5].

Показателем внешнего шума при проверке технического состояния автомобиля считают уровень шума выпускной системы двигателя, измеренный согласно ГОСТ Р 52231-2004 «Внешний шум автомобилей в эксплуатации. Допустимые уровни и методы измерения».

Для объективных измерений уровня громкости шума (звука) используется шумомер, блок-схема которого представлена на рисунке 3.8.



1 – микрофон; 2 – усилитель; 3 – корректирующие фильтры; 4 – детектор; 5 – индикатор

Рисунок 3.8 – Блок-схема шумомера

Шумомер состоит из микрофона 1, воспринимающего звуковое давление, усилителя 2 (измерительного звена) и называемого обычно шумомером, корректирующих фильтров 3, обеспечивающих требуемую форму частотной характеристики, детектора 4, преобразующего сигналы в удобную для восприятия форму, и индикатора 5, проградуированного в дБ.

Микрофоны применяют с достаточно широким рабочим частотным диапазоном, с высокой и стабильной чувствительностью и возможно меньшими размерами. При внесении в звуковое поле они не должны его искажать. Обычно используют конденсаторные, электродинамические, пьезоэлектрические и керамические микрофоны. Лучшими из них считаются конденсаторные и пьезоэлектрические.

Шумомеры снабжаются комплектами фильтров для трёх определённых диапазонов значений частот, позволяющих измерять уровень громкости чистых тонов в диапазонах: 25...55 фон – характеристика А, 55...85 фон – В и от 85 фон – С. Если, например, произведено измерение уровня громкости звука по шкале А, то его значение будет выражаться в дБ с пометкой А (дБ«А», дБ(А) или дБА). Измерение внешнего шума АТС выполняется по шкале А при включенной постоянной времени усреднения «Быстро» (Fast).

Измерения производятся на неподвижном автомобиле согласно схеме, изображённой на рисунке 3.3.

При работе двигателя в режиме холостого хода с минимальной частотой вращения n_{\min} нажимают на педаль управления подачей топлива и устанавливают повышенную частоту вращения $n_{\text{пов}}$ с отклонением не более $\pm 100 \text{ мин}^{-1}$. После работы двигателя в течение 5...7 с с повышенной частотой вращения $n_{\text{пов}}$, снимают усилие с педали до установления минимальной частоты вращения n_{\min} . Данный режим работы двигателя повторяют с интервалом 8...10 с не менее трех раз. Измеряют максимальное значение уровня шума в каждом режиме работы двигателя с повышенной частотой вращения $n_{\text{пов}}$ и во время периода замедления вращения

коленчатого вала до n_{\min} . Измеренные значения уровня шума округляют до целого числа и считают достоверными при разнице в показаниях не более 2 дБА. При большей разнице показаний измерения повторяют. Результатом измерений считают максимальное показание шумомера, которое сравнивают с контрольными значениями, приведенными в таблице 3.2.

Таблица 3.2 – Допустимые уровни шума выпускной системы двигателей автомобилей, находящихся в эксплуатации

Тип автомобиля	Уровень шума, дБА
Автомобили легковые категории M_1 и грузопассажирские и грузовые категории N_1	96
Автобусы категории M_2 и автомобили грузовые категории N_2	98
Автобусы категории M_3 и автомобили грузовые категории N_3	100

Причинами повышенного уровня шума являются неисправности систем и механизмов двигателя, таблица 3.3.

Таблица 3.3 – Основные неисправности, вызывающие повышенный шум автомобиля

Элементы автомобиля	Перечень неисправностей
Элементы системы впуска	Неполная комплектация системы впуска, повреждение или дефект монтажа системы впуска, вызывающие подсос воздуха
Элементы системы выпуска	Неполная комплектация системы выпуска, повреждение или дефект монтажа системы выпуска, вызывающие утечку отработавших газов и/или подсос воздуха
Дополнительные устройства	Отсутствие или неполная комплектация

для снижения шума (например, капсулы, экраны)	дополнительных устройств
---	--------------------------

Описанные в п. 3.1.2 инструментальные методы используются для контроля технического состояния АТС, находящихся в эксплуатации, при проведении периодического технического осмотра и диагностики на автотранспортных и автообслуживающих предприятиях.

3.1.3 Расчётные методы экологической оценки автомобиля необходимы для обоснования природоохранных мероприятий и экологической экспертизы проектов объектов АТК. Указанные методы основываются на данных по удельным выбросам загрязняющих веществ от АТС и режимам их функционирования. Расчёты выполняются с использованием математических зависимостей, которые отражают закономерности образования загрязнений от АТС.

3.1.3.1 Расчёт загрязнения воздуха автомобилем в зависимости от типа и технического состояния двигателя.

В таблице 3.4 приведены зависимости для расчета пробеговых выбросов загрязняющих веществ (q_i , г/км) при движении автомобиля с постоянной скоростью [6].

Таблица 3.4 – Формулы для расчёта пробеговых выбросов загрязняющих веществ от автомобиля при движении с постоянной скоростью

Компонент отработавших газов	Расчётные зависимости
АВТОМОБИЛЬ ВАЗ-1111	
CO	$q = 0,003609 \cdot V^2 - 0,325 \cdot V + 10,007$
CO ₂	$q = 0,002629 \cdot V^2 - 0,522 \cdot V + 189,46$
C _n H _m	$q = 0,00007091 \cdot V^2 - 0,013 \cdot V + 1,511$
NO _x	$q = 0,00037951 \cdot V^2 - 0,034 \cdot V + 1,734$
Pb	$q = 0,000000303 \cdot V^2 - 0,00005758 \cdot V + 0,023$
SO ₂	$q = 0,00000181838 \cdot V^2 - 0,0003273 \cdot V + 0,033$

АВТОМОБИЛЬ ГАЗ-2410	
CO	$q = 0,001474 \cdot V^2 - 0,239 \cdot V + 14,751$

Продолжение таблицы 3.4

Компонент отработавших газов	Расчётные зависимости
C_nH_m	$q = 0,0001631 \cdot V^2 - 0,018 \cdot V + 0,743$
NO_x	$q = 0,00006925 \cdot V^2 - 0,00277 \cdot V + 0,411$
SO_2	$q = 0,0001281 \cdot V^2 - 1,281 \cdot V + 0,162$
АВТОМОБИЛЬ ГАЗ-5312	
CO	$q = 0,028 \cdot V^2 - 1,97 \cdot V + 45,95$
C_nH_m	$q = 0,00127 \cdot V^2 - 0,127 \cdot V + 6,004$
NO_x	$q = 0,00521 \cdot V^2 - 0,177 \cdot V + 2,082$
АВТОМОБИЛЬ ЛИАЗ-667М	
CO	$q = 0,037 \cdot V^2 - 3,364 \cdot V + 86,563$
C_nH_m	$q = 0,00257 \cdot V^2 - 0,256 \cdot V + 8,686$
NO_x	$q = 0,012 \cdot V^2 - 0,742 \cdot V + 13,352$

Зависимость изменения выбросов автомобиля с начала эксплуатации по мере выработки ресурса двигателя (износ деталей, нарушение заводских регулировок) имеет вид:

$$K_{\omega} = A_0 + A_1 \cdot L_a + A_2 \cdot L_a^2 + A_3 \cdot L_a^3, \quad (3.4)$$

где K_{ω} – изменение пробегового выброса автомобиля в процессе эксплуатации по сравнению с базовым, %;

L_a – пробег автомобиля с начала эксплуатации, тыс. км;

$A_{0,1,2,3}$ – параметры в уравнении регрессии (таблица 3.5).

Таблица 3.5 – Значения коэффициентов

Компонент отработавших газов	A_0	A_1	$A_2 \cdot 10^{-6}$	$A_3 \cdot 10^{-6}$
CO	100,73	0,16	357,69	-0,87

Продолжение таблицы 3.5

Компонент отработавших газов	A_0	A_1	$A_2 \cdot 10^{-6}$	$A_3 \cdot 10^{-6}$
C_nH_m	101,04	0,079	646,25	0,43
NO_x	97,92	0,015	-1174,42	1,12
сажа	99,28	0,284	911,29	0,94
CO_2, SO_2, Pb	99,999	0,2	-0,03	0

Выброс i -го загрязняющего вещества (Q_i , г) в зависимости от срока службы за период выработки ресурса определяется по формуле:

$$Q_i = q_i \cdot L'_a \cdot K_\omega / 100, \quad (3.5)$$

где q_i – пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества, г/км;

L'_a – пробег автомобиля с начала эксплуатации, км.

Существуют методики, позволяющие вычислять не только пробеговые, но и другие удельные выбросы, отнесённые ко времени работы ДВС автомобиля, например удельные выбросы загрязняющих веществ на холостом ходу и при прогреве (в г/мин).

3.1.3.2 Методика интегральной оценки экологической опасности отработавших газов автомобиля.

Интегральная (комплексная) оценка экологической опасности ОГ автомобиля основывается на категории опасности автомобиля (КОА), которая в свою очередь является суммой категорий опасности ЗВ (КОВ), входящих в ОГ автомобиля [6], m^3/c :

$$КОА = \sum_1^n КОВ_i, \quad (3.6)$$

где KOB_i – категория опасности i -го вещества (формула (2.5)), m^3/c .

Размерность КОА означает некий виртуальный объём воздушной среды, требуемый для того, чтобы рассеять загрязняющие вещества, генерируемые источником с определённой объёмной скоростью, до безопасных концентраций. Здесь следует отметить, что речь идёт о виртуальном, то есть условном объёме воздушной среды, потому что в реальности атмосферный воздух очищается не только за счёт рассеивания загрязняющих веществ в своём объёме (конвективная и молекулярная диффузия), но и за счёт вымывания загрязняющих веществ из атмосферы с осадками в виде дождя и снега.

3.2 Методы экологической оценки автотранспортного потока

Автотранспортный поток представляет собой совокупность автомобилей, движущуюся по улично-дорожной сети. Поэтому по закономерностям и масштабам образования загрязнений автотранспортный поток существенно отличается от автомобиля. Важное значение приобретают факторы состава и интенсивности автотранспортного потока, динамики скоростного режима, организации дорожного движения, что определяет уровень экологической опасности автотранспортного потока не только по выбросам загрязняющих веществ в атмосферу, но и транспортному шуму. Отличаются и методы экологической оценки, которые должны учитывать указанные особенности. По способу получения информации методы могут быть расчётными, инструментальными и расчётно-инструментальными.

Алгоритм расчётной методики представлен на рисунке 3.9. Необходимые для использования методики исходные данные приведены в таблице 3.6.

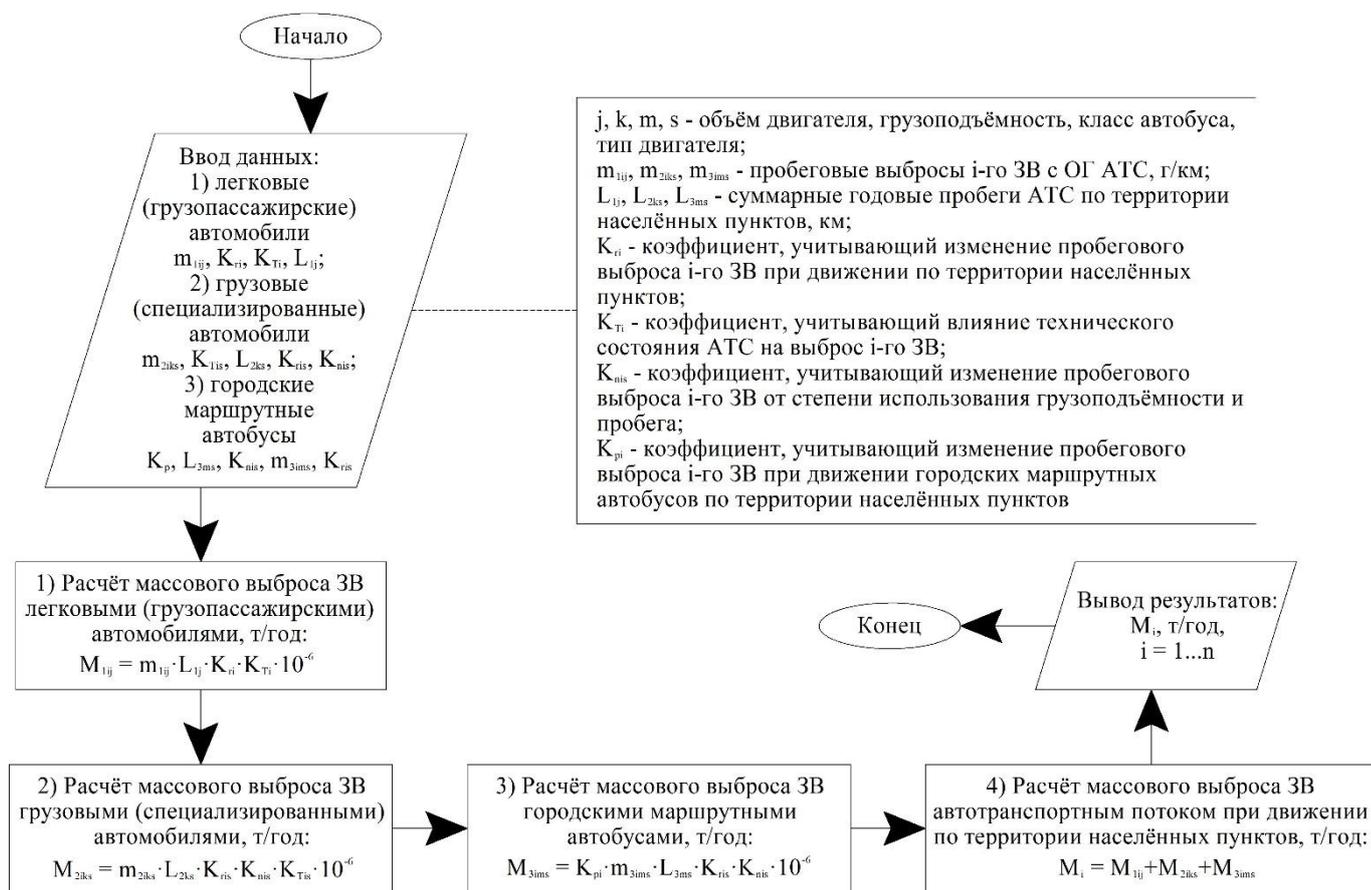


Рисунок 3.9 – Алгоритм расчёта количества выбросов ЗВ от автотранспорта при движении по территории населённых пунктов

Таблица 3.6 – Исходные данные для расчёта

Обозначение	Значение
легковые (грузопассажирские) автомобили	
$m_{1ij}, \text{ г/км}$	принимается по таблице А1 из Приложения А в источнике [6]
K_{ri}	принимается по таблице А2 из Приложения А в источнике [6]
K_{Ti}	$K_{Tco} = 1,75; K_{Tch} = 1,48; K_{Tno} = 1,0; K_{Tso} = 1,15$
$L_{1j}, \text{ км}$	принимается по результатам натурных обследований автотранспортного потока
грузовые (специализированные) автомобили	
$m_{2iks}, \text{ г/км}$	принимается по таблице А3 из Приложения А в источнике [6]

Продолжение таблицы 3.6

Обозначение	Значение
K_{Tis}	для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями: $K_{Tco} = 2,0, K_{Tch} = 1,83, K_{Tno} = 1,0, K_{Tso} = 1,15;$ для автомобилей с дизельными двигателями: $K_{Tco} = 1,6, K_{Tch} = 2,1, K_{Tno} = 1,0, K_{Tso} = 1,15, K_{Tc} = 1,9$
$L_{2ks}, км$	принимается по результатам натурных обследований автотранспортного потока
K_{ris}	принимается по таблице А4 из Приложения А в источнике [6]
K_{nis}	принимается по таблицам А5 и А6 из Приложения А в источнике [6]; при отсутствии данных о фактических значениях γ, β принимается: - для городских перевозок и перевозок сельскохозяйственных грузов $\gamma = 0,6 - 0,8 ; \beta = 0,5;$ - для международных перевозок $\gamma = 0,8 - 1,0; \beta = 0,7$ городские маршрутные автобусы
K_p	для $CO, C_nH_m, NO_2, C - K_p = 1,4;$ для $SO_2 - K_p = 1,1$
$L_{3ms}, км$	принимается по результатам натурных обследований автотранспортного потока
K_{nis}	принимается по таблице А7 из Приложения А в источнике [6]
$m_{3ims}, г/км$	принимается по таблице А8 из Приложения А в источнике [6]
K_{ris}	принимается по таблице А9 из Приложения А в источнике [6]

Существуют и другие расчётные методики экологической оценки автотранспортного потока, которые отражены в источнике [6]. Данные методики позволяют расчётом определить количество выбросов ЗВ от автотранспорта в районе регулируемого перекрёстка и над автомагистралями, а также уровень транспортного шума.

Алгоритм расчётно-инструментальной методики экологического мониторинга автотранспортных потоков отражён на рисунке 3.10.

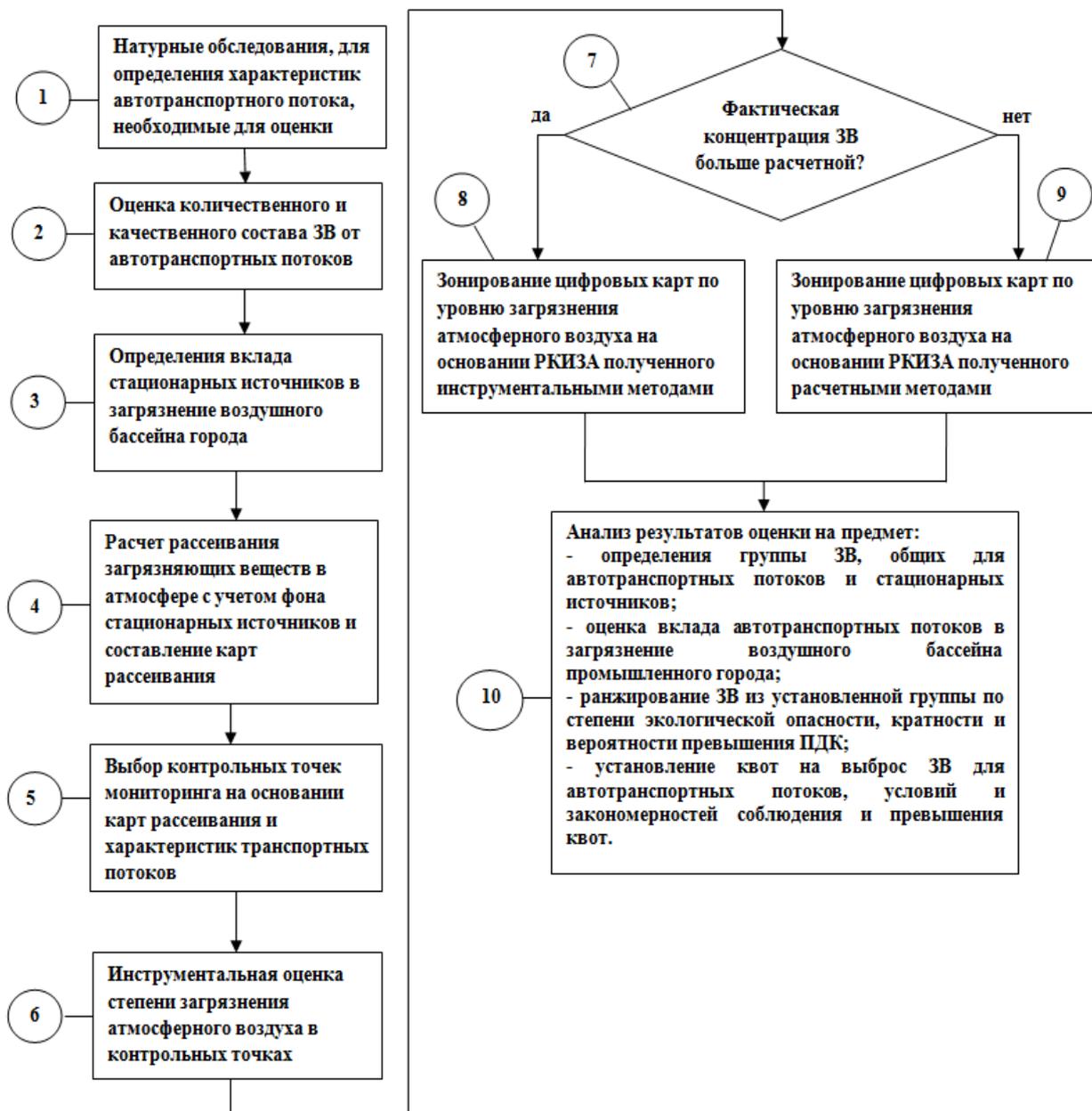


Рисунок 3.10 – Алгоритм расчётно-инструментальной методики экологического мониторинга автотранспортных потоков [7]

Разработанная одним из авторов данного учебного пособия [7] расчётно-инструментальная методика апробирована в условиях урбанизированной территории города Набережные Челны, рисунок 3.11.

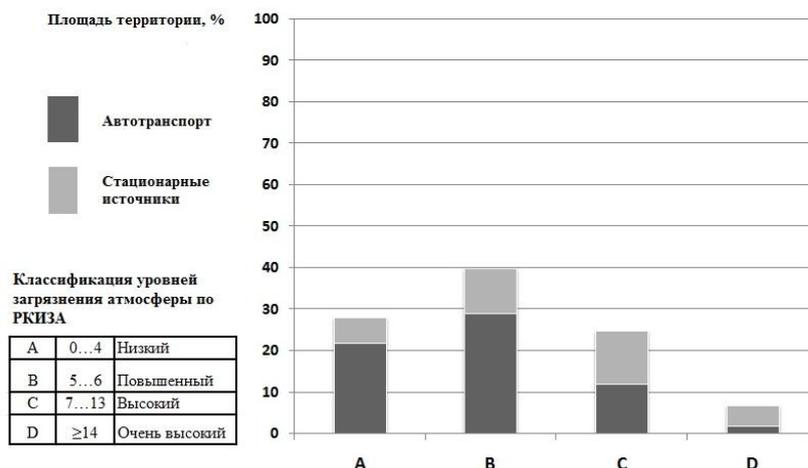


Рисунок 3.11 – Оценка экологической опасности урбанизированной территории г. Набережные Челны

По результатам применения методики установлены квоты на выбросы ЗВ для автотранспортных потоков всех экологически неблагоприятных участков улично-дорожной сети г. Набережные Челны по алгоритму, представленному на рисунке 3.12.

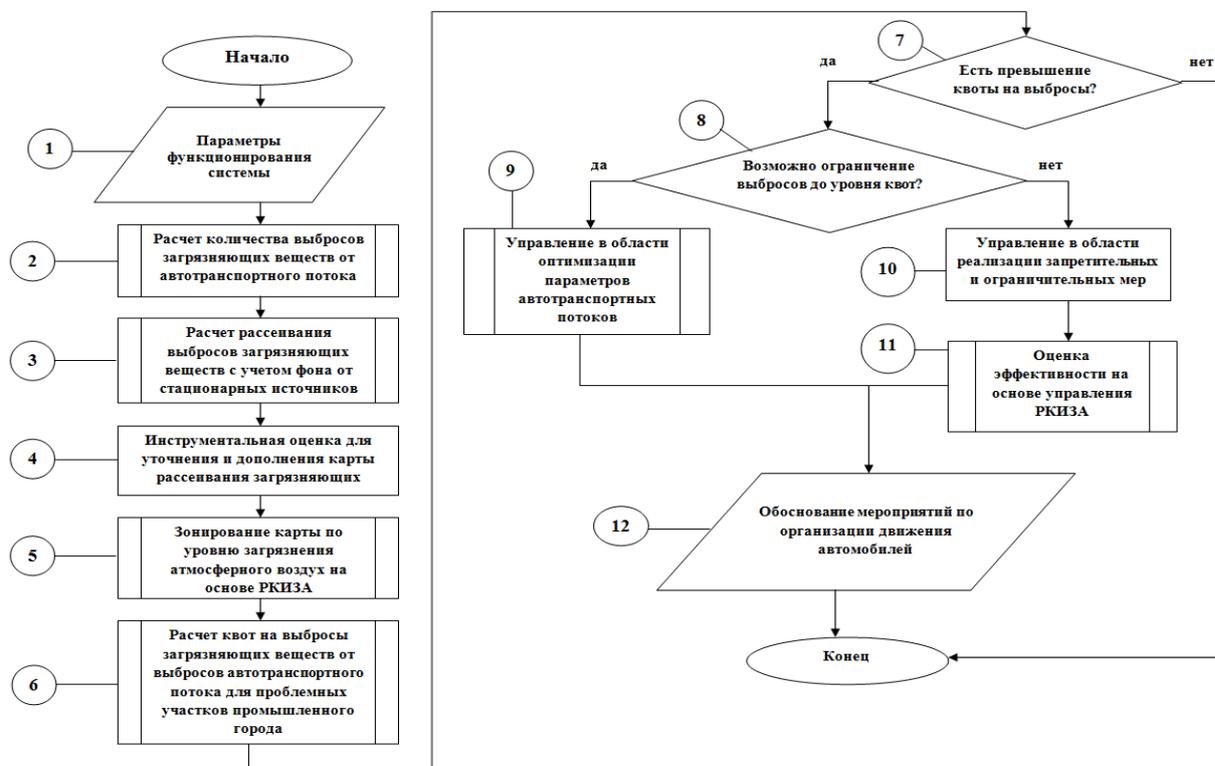


Рисунок 3.12 – Алгоритм ограничения выбросов ЗВ от автотранспортных ПОТОКОВ

Получены также аналитические зависимости уровней загрязнения атмосферы от параметров автотранспортных потоков для перегонов (уравнение (3.7)) и узлов-перекрёстков (уравнение (3.8)):

$$\text{РКИЗА}_{\Pi} = \begin{cases} A_{\Pi}^1 \cdot N_{\Pi} + F_{\Pi}, & \text{при } S_{\Gamma A} \leq 10\%, \\ A_{\Pi}^2 \cdot N_{\Pi} + F_{\Pi}, & \text{при } 10\% < S_{\Gamma A} < 25\%, \\ A_{\Pi}^3 \cdot N_{\Pi} + F_{\Pi}, & \text{при } S_{\Gamma A} \geq 25\% \end{cases} \quad (3.7)$$

$$\text{РКИЗА}_{\gamma} = \begin{cases} A_{\gamma}^1 \cdot N_{\gamma} + F_{\gamma}, & \text{при } S_{\Gamma A} \leq 10\%, \\ A_{\gamma}^2 \cdot N_{\gamma} + F_{\gamma}, & \text{при } 10\% < S_{\Gamma A} < 25\%, \\ A_{\gamma}^3 \cdot N_{\gamma} + F_{\gamma}, & \text{при } S_{\Gamma A} \geq 25\% \end{cases} \quad (3.8)$$

где $A_{\Pi}^{1,2,3}$ и $A_{\gamma}^{1,2,3}$ - коэффициенты регрессии, час/авт.;

N_{Π}, N_{γ} - интенсивность автотранспортного потока на перегоне и в узле, авт./час;

F_{Π}, F_{γ} - уровень фонового загрязнения от стационарных источников.

Для выражения (3.7) показатели имеют значения: $F_{\Pi} = 0,17$; $A_{\Pi}^1 = 0,005$; $A_{\Pi}^2 = 0,006$; $A_{\Pi}^3 = 0,009$. Для выражения (3.8): $F_{\gamma} = 0,18$; $A_{\gamma}^1 = 0,002$; $A_{\gamma}^2 = 0,005$; $A_{\gamma}^3 = 0,008$.

С использованием разработанной расчётно-инструментальной методики и имитационного моделирования решаются задачи оптимизации параметров функционирования автотранспортных потоков, рисунки 3.13, 3.14. Кроме того, оценивается экологическая эффективность мероприятий по организации движения автомобилей, рисунок 3.15.

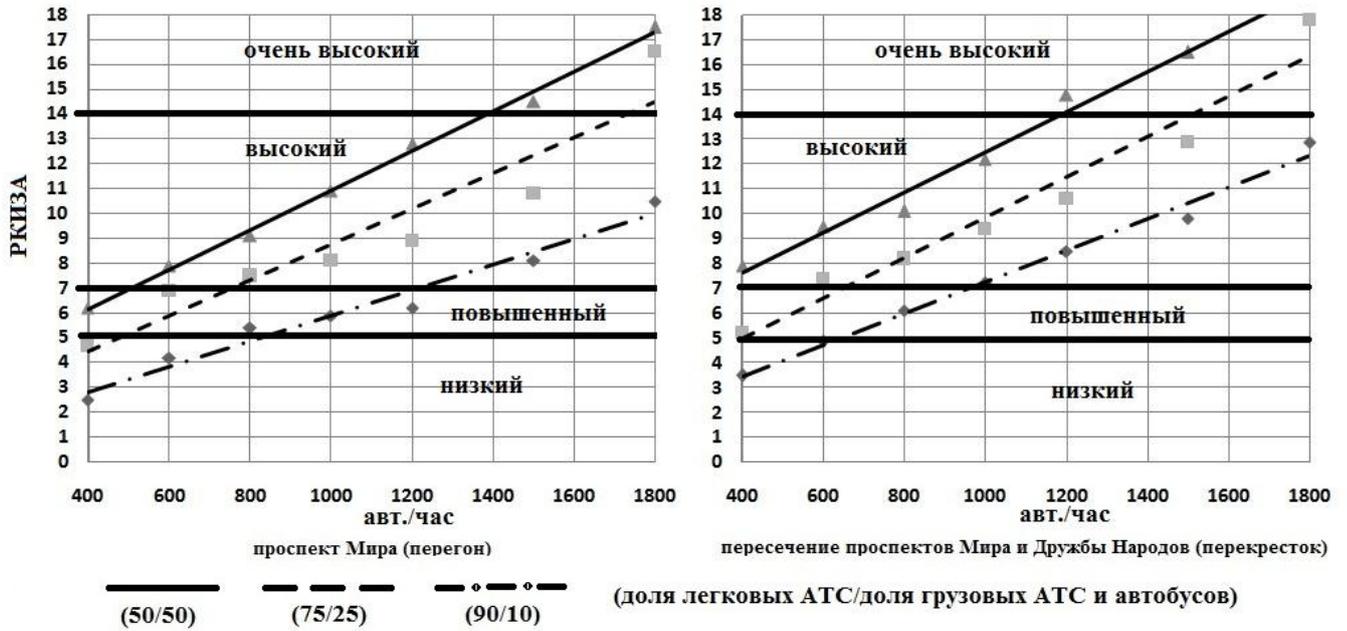


Рисунок 3.13 – Имитационный эксперимент перекрёстка по составу и интенсивности автотранспортного потока



Рисунок 3.14 – Имитационный эксперимент перекрёстка с моделированием разноуровневой развязки (цифрами обозначены значения РКИЗА)



Рисунок 3.15 – Оценка экологической эффективности мероприятий по организации движения автомобилей

3.3 Методы экологической оценки автомобильной дороги

Автомобильная дорога к загрязнениям автотранспортного потока приносит биоценоотические и стационарно-деструктивные воздействия на окружающую среду. Она является мощным источником образования пыли (TSP) в приземном воздушном слое. Дорожная пыль состоит из продуктов истирания дорожных покрытий и автомобильных шин, частиц грязи, занесенной на проезжую часть с прилегающего к дороге почвенного слоя, а также при противогололедной обработке, твердых частиц отработавших газов. На характер и интенсивность образования и распространения загрязнений от автомобильной дороги влияют климатические условия, ландшафт местности, погодные явления. В этой связи экологическая оценка автомобильной дороги должна учитывать не только воздействие автотранспортного потока, но и другие закономерности образования и распространения загрязнений, которые связаны с физическим наличием такого

инженерного сооружения. Рассмотрим методику комплексной экологической оценки, которая наделена всеми указанными признаками.

Комплексная оценка экологической опасности основывается на системном представлении о процессах взаимодействия автотранспортного потока, автомобильной дороги и окружающей среды. Поэтому система «автомобиль – дорога» будет определять качество атмосферы на улицах промышленного города [6]. Основными элементами этой системы являются:

- автотранспорт, выбрасывающий в атмосферу n -е количество газообразных примесей, - источник газообразных примесей;
- автомобильная дорога, являющаяся источником $г$ -го количества дисперсных частиц, - источник пыли;
- атмосфера улицы, в которой наблюдается распределение примесей и пыли, выступает окружающей средой. Под окружающей средой подразумевается объем воздуха, который определяется характеристиками автомобильной дороги (длиной и шириной полотна дороги) и высотой застройки;
- метеоусловия, задающие механизм распределения примесей и пыли в атмосферном воздухе улицы.

В качестве комплексного показателя, характеризующего качество атмосферы на улице любого назначения, предлагается категория опасности улицы (КОУ, $\text{м}^3/\text{с}$), которую следует определять через опасность автотранспортного потока и автомобильной дороги, то есть:

$$\text{КОУ} = \text{КОА} + \text{КОД}, \quad (3.9)$$

где КОА – категория опасности автотранспортного потока, $\text{м}^3/\text{с}$;

КОД – категория опасности дороги, $\text{м}^3/\text{с}$.

Под категорией опасности автотранспортного потока подразумевается объемная скорость генерирования примесей от всего автомобильного транспорта, находящегося на территории улицы и определяется по формуле, м³/с:

$$KOA = \sum_l^p \sum_l^d \left(\frac{M_j}{ПДК_j} \right), \quad (3.10)$$

где p – количество автомобилей в потоке;

d – количество примесей в отработавших газах автомобиля;

M_j – количество выбросов j -ой примеси в отработавших газах автомобиля, мг/с (для перевода массы выбросов отработавших газов из т/год в мг/с необходимо полученные значения M_i умножить на безразмерный коэффициент 31,70) – данный показатель определяется либо с помощью расчётных методик, либо с помощью расчётно-инструментальных методик описанных выше;

ПДК _{j} – среднесуточная ПДК j -й примеси в атмосфере населенного пункта, мг/м³.

КОА является характеристикой выбросов двигателей автомобилей, находящихся в дорожном потоке. Для оценки категории опасности автомобильного транспорта необходимо знать как интенсивность движения на улицах города и загородных участках, так и количество выбросов примесей в отработавших газах автомобилей.

Взаимодействие автомобиля и дороги сопровождается выбросами пыли, а пылеобразование на дорогах можно количественно описать через категорию опасности дороги (КОД), которая будет связана с количеством выбросов уравнением, м³/с:

$$КОД = \frac{M_n}{ПДК_n} = \frac{C \cdot v^y}{ПДК_n \cdot t}, \quad (3.11)$$

где $M_{\text{п}}$ – количество выбросов пыли, образующейся при интенсивности движения N_i автомобилей 1-го класса, мг/с;

ПДК_п – предельно-допустимая концентрация пыли, мг/м³ (ПДК_п = 0,15 мг/м³);

C – концентрация пыли в воздухе улицы, мг/м³;

V^y/t – объем генерируемой в единицу времени пыли, м³/с.

Количество M_a^y пыли от одного автомобиля 1-го класса при интенсивности движения N_i автомобилей 1-го класса с площадью проекции S_{A1} на поверхность дороги рассчитывается по формуле, мг/авт.:

$$M_a^y = \psi_i \cdot S_{A1} / N_i, \quad (3.12)$$

где ψ_i – сдуваемость пыли, мг/(м²·с);

S_{A1} – площадь проекции автомобиля 1-го класса на поверхность дороги, м²;

N_i – интенсивность движения автомобилей 1-го класса (авт./с).

Количество выбросов $M_{\text{п}}$ определяется по формуле, мг/с:

$$M_{\text{п}} = M_a^y \cdot N_i. \quad (3.13)$$

$$M_a^y = \Psi \cdot N_i, \quad (3.14)$$

$$\Psi = \psi_i \cdot S_{A1}, \quad (3.15)$$

где Ψ – удельная сдуваемость пыли, мг/с.

Пылеобразование зависит от сдуваемости пылевидного материала, которая является функцией его влажности и дисперсности (рисунок 3.16, таблица 3.7).

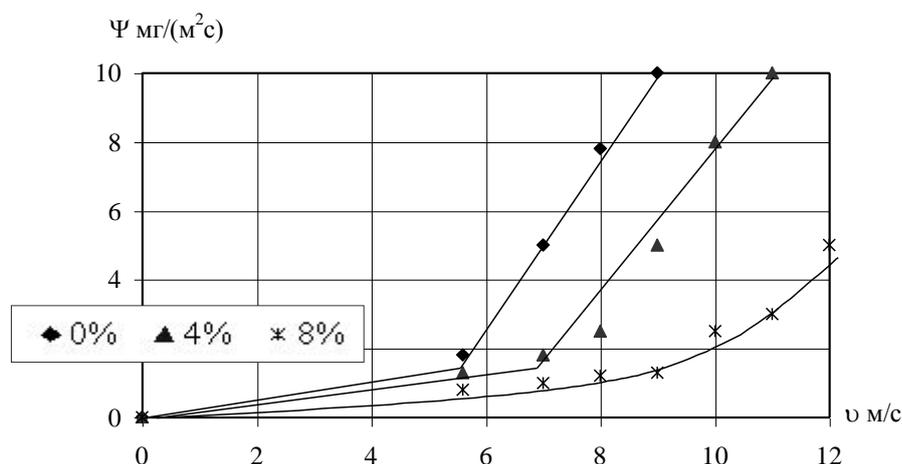


Рисунок 3.16 – Зависимость сдуваемости пылевидного материала от влажности (в %)

Таблица 3.7 – Значения удельной сдуваемости для различных транспортных средств

Тип АТС	Удельная сдуваемость, мг/с
Легковой	$240 \cdot 10^3$
Грузовой	$516 \cdot 10^3$
Автобусы	$541 \cdot 10^3$

На кривых зависимости сдуваемости пыли от скорости воздушного потока можно выделить две области: 1) область, в которой преобладают силы аутогезии в пылевидном материале; 2) область, в которой наблюдается инерционный срыв частиц с поверхности.

Сдуваемая пыль формирует запыленную атмосферу. При увеличении влажности пылевидного материала до 8...10 % запыленность воздуха на улице снижается в 30...50 раз. Максимальная запыленность атмосферы улицы наблюдается при влажности пылевидного материала 0...2 %.

Объем воздуха (V^y), в котором распределяется пыль, рассчитывается через постоянный объем атмосферы (V^y_0 в m^3), определяемый площадью улицы (S в m^2) и высотой приземного слоя (h в m), и его прирост (ΔV в m^3), создаваемый диффузионными процессами, и определяется по формуле, m^3 :

$$V^y = V^y_0 + \Delta V = S \cdot h + \Delta V. \quad (3.16)$$

Высота приземного слоя составляет 2 метра.

Для случая, когда в атмосфере наблюдаются застойные явления ($v = 0 \dots 3$ м/с)

ΔV определяется через увеличение высоты приземного слоя, м³:

$$\Delta V = [2(L \cdot h) + S] \cdot v_{\text{диф}} \cdot t, \quad (3.17)$$

где $v_{\text{диф}}$ – скорость диффузии, 0,1 м/с;

t – время в течение которого метеоусловия практически не изменяются, 10800 с.

Вероятность таких погодных условий составляет 45 %.

После определения КОУ определяется класс опасности дороги. Граничные условия для деления дорог по классу опасности представлены в таблице 3.8.

Таблица 3.8 – Граничные условия для деления дорог по категориям опасности

Значение КОУ, м ³ /с	Класс опасности дороги
КОУ > 31,7 · 10 ⁶	1
31,7 · 10 ⁶ < КОУ < 31,7 · 10 ⁴	2
31,7 · 10 ⁴ < КОУ < 31,7 · 10 ³	3
Меньше чем 31,7 · 10 ³	4

3.4 Методы экологической оценки предприятий автомобильного транспорта

Экологическая оценка предприятий автомобильного транспорта заключается в сравнении фактических выбросов, сбросов и объёмов образования отходов с нормативными, то есть с НДС, НДС, НОО и ЛРО. Порядок формирования производственно-хозяйственных нормативов описан в п. 2.2. Результаты

экологической оценки используются для обоснования природоохранных мероприятий. Рассмотрим сказанное более подробно на примере методики комплексной экологической оценки предприятий автомобильного транспорта.

Для установления целесообразности и приоритетности расчёта НДС рассчитывают категорию опасности предприятий (КОП, м³/с) по следующей формуле [6]:

$$КОП = \sum_{i=1}^m КОВ_i = \sum_{i=1}^m \left(\frac{M_i}{ПДК_i} \right), \quad (3.18)$$

где m – количество ЗВ, выбрасываемых предприятием;

$КОВ_i$ – категория опасности i -го ЗВ, м³/с;

M_i – масса выбросов i -го ЗВ в атмосферу, мг/с;

$ПДК_i$ – среднесуточная ПДК i -го ЗВ в атмосфере населенного пункта, мг/м³.

Значения КОП рассчитывают при условии, когда $\frac{M_i}{ПДК_i} > 1$. При $\frac{M_i}{ПДК_i} < 1$ значения КОП не рассчитываются и приравниваются к нулю.

Для расчета КОП при отсутствии ПДК_{сс} используют значения ПДК_{мр}, ОБУВ или уменьшенные в 10 раз значения предельно допустимых концентраций рабочей зоны. Для веществ, по которым отсутствует информация о ПДК или ОБУВ, значения КОП приравнивают к массе выбросов данных веществ.

Согласно классификации, разработанной авторами методики комплексной экологической оценки, предприятия по величине категории опасности делят на четыре категории. Граничные условия для деления предприятий на категории опасности приведены в таблице 3.9.

Предприятия I-й и II-й категории представляют собой наибольшую опасность для окружающей среды, к ним необходимо применять особые требования при разработке нормативов НДС и ежегодном контроле над их достижением. Для этих предприятий НДС разрабатывается по полной программе.

Таблица 3.9 – Граничные условия для деления предприятий по категории опасности [6]

Категория опасности предприятия	Значения КОП
I	$\geq 31,7 \cdot 10^6$
II	$\geq 31,7 \cdot 10^4$
III	$\geq 31,7 \cdot 10^3$
IV	$< 31,7 \cdot 10^3$

Предприятия III-й категории опасности, как правило, самые многочисленные, и они могут иметь НДС, разработанные по сокращенной программе. Контроль источников выбросов на таких предприятиях проводится выборочно, один раз в несколько лет.

К IV-й категории опасности относят самые мелкие предприятия с небольшим количеством выбросов загрязняющих веществ в атмосферу. Для таких предприятий устанавливают НДС на уровне фактических выбросов. Эти предприятия могут отчитываться по выбросам не ежегодно, а один раз в несколько. НДС для таких предприятий могут не составляться.

Как уже отмечалось в разделе 2, комплексная экологическая оценка является объективной, учитывающей не только количественные, но качественные характеристики выбросов, то есть токсичность ЗВ и их отношение к определенному классу опасности. Кроме того, названия «комплексная» или «интегральная» означают характеристику экологической опасности по всем выбрасываемым в атмосферу ЗВ. Развитием такого подхода является оценка экологической опасности по всем видам воздействия, например одновременно по химическому и физическому (энергетическому), или по всем объектам автотранспортного комплекса, входящим в территориально-производственный комплекс или урбанизированную территорию.

3.5 Контрольные вопросы к разделу 3

- 1 Назовите отличия в назначении расчётных и инструментальных методов экологической оценки объектов автотранспортного комплекса.
- 2 В чём сходство и в чём отличие методов экологической оценки АТС, новых и находящихся в эксплуатации?
- 3 Назовите условия, при которых испытания новых ДВС на токсичность производится в составе автомобиля на беговых барабанах? Отдельно на моторном стенде?
- 4 Опишите процедуру анализа состава ОГ при проведении испытаний новых ДВС на токсичность.
- 5 Что понимается под внешним шумом АТС? Под внутренним?
- 6 Опишите процедуру проведения испытаний новых АТС по уровню внешнего шума.
- 7 Опишите режимы и условия проверки технического состояния АТС, находящихся в эксплуатации, по составу отработавших газов. В чём состоит принципиальное отличие проверки для бензиновых и дизельных ДВС?
- 8 Охарактеризуйте назначение и принцип действия четырёхканального газоанализатора. Назовите единицы измерения определяемых им параметров.
- 9 Охарактеризуйте назначение и принцип действия дымомера. Назовите единицы измерения определяемых им параметров.
- 10 Опишите режимы и условия проверки технического состояния АТС, находящихся в эксплуатации, по уровню внешнего шума.
- 11 Охарактеризуйте назначение и принцип действия шумомера. Назовите единицы измерения определяемых им параметров.
- 12 Раскройте сущность интегральной (комплексной) экологической оценки объектов автотранспортного комплекса.
- 13 Какие методы используются для экологических исследований автотранспортных потоков и автомобильных дорог?

14 Какие методы используются для экологических исследований предприятий автомобильного транспорта?

3.6 Список использованных источников к разделу 3

1 Филиппов, А. А. Повышение эффективности эксплуатации автотранспортных средств путем подбора альтернативных видов топлива [Текст] : дисс. ... канд. техн. наук : 05.22.10 / Филиппов Андрей Александрович. – Оренбург 2004. – 135 с.

2 ТР ТС 018/2011. О безопасности колёсных транспортных средств. – Введ. 2015-01-01. – Москва: Изд-во стандартов, 2015. – 282 с.

3 Газоанализаторы ИНФРАКАР: паспорт ВЕКМ.413311.002 ПС (исп. 08.01). – М., 2009. – 14 с.

4 Шатров, М.Г. Шум автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. Пособие / М.Г. Шатров, А.Л. Яковенко, Т.Ю. Кричевская. – М.: МАДИ, 2014. – 68 с.

5 Райков, И. Я. Испытания двигателей внутреннего сгорания / И.Я Райков - М.: Высшая школа, 1975. - 320 с.

6 Бондаренко Е.В. Экологическая безопасность автомобильного транспорта: учебное пособие для вузов / Е.В. Бондаренко, А.Н. Новиков, А.А. Филиппов, О.В. Чекмарёва, В.В. Васильева, М.В. Коротков // Орёл: ОрёлГТУ, 2010. – 254 с.

7 Сулейманов, И.Ф. Организация движения автомобилей на основе экологического мониторинга воздушного бассейна: автореф. дисс. ... канд. техн. наук : защищена 05.07.2016; утв. 25.01.2017. Оренбург: ОГУ, 2016. 16 с.

4 Обеспечение экологической безопасности объектов автотранспортного комплекса

Обеспечение экологической безопасности – такое ограничение действия детерминированных и случайных факторов, когда допустимые уровни опасности не превышают порога устойчивости экосистем [1]. При этом выделяют следующие признаки выхода за пределы устойчивости:

- сокращение запасов ресурсов;
- увеличение концентрации загрязнителей;
- отвлечение капитала, материальных, трудовых ресурсов от производства конечной продукции на эксплуатацию более скудных, отдалённых, более рассеянных ресурсов или на виды деятельности, которые раньше бесплатно делала природа (обработка сточных вод, очистка воздуха, восстановление питательных веществ в почве, сохранение биоразнообразия), или для охраны, поддержания, получения доступа к оставшимся ресурсам;
- сбой природных механизмов очистки от загрязнений;
- возрастание числа конфликтов из-за владения источниками или стоками.

Таким образом, под обеспечением экологической безопасности объектов автотранспортного комплекса понимаются мероприятия правового, технического, технологического, экономического и иного характера, направленные на соблюдение нормативов и требований, установленных в сфере охраны окружающей среды. Экологические нормативы и требования описаны в разделе 2 данного учебного пособия. В разделе 4 систематизирован материал о инженерных методах защиты окружающей среды при функционировании объектов автотранспортного комплекса. Структура раздела 4 выдержана таким образом, что обеспечение экологической безопасности рассматривается в категориях «автомобиль», «автотранспортный поток», «автомобильная дорога», «предприятия автомобильного транспорта». Правильность такой логической последовательности обосновывается в разделе 1 настоящего учебного пособия, а кроме того является удачным форматом при

изучении всего многообразия методов и средств обеспечения экологической безопасности объектов автотранспортного комплекса.

4.1 Автомобиль и обеспечение экологической безопасности

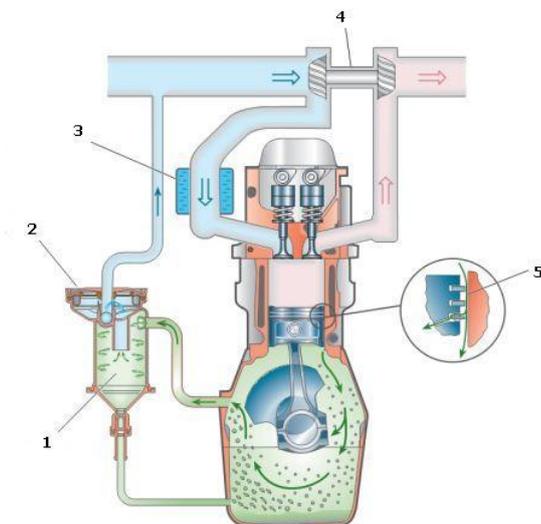
Снижение уровня экологической опасности автомобиля связано с управлением конструктивными и эксплуатационными факторами, влияние которых описано в разделе 1. Прежде всего, это создание такой конструкции автомобиля, которая производит минимальное количество ЗВ, климатических газов и шума. Кроме того, это поддержание исправного технического состояния автомобиля, что обеспечивает необходимый в эксплуатации уровень экологической опасности, заданный при создании конструкции, то есть на этапах её проектирования и производства.

4.1.1 К системам автомобиля, сокращающим выброс загрязняющих веществ, относятся системы вентиляции картера, рециркуляции отработавших газов, улавливания паров бензина, нейтрализации и очистки отработавших газов [2].

Система вентиляции картера предназначена для уменьшения выброса ЗВ из картера двигателя в атмосферу. При работе двигателя из камер сгорания в картер могут просачиваться отработавшие газы. В картере также находятся пары масла, бензина и воды. Все вместе они называются картерными газами. Скопление картерных газов ухудшает свойства и состав моторного масла, разрушает металлические части двигателя, поэтому их необходимо удалять. Для исключения загрязнения атмосферы картерные газы удаляются не в окружающую среду, а во впускной коллектор, где они образуют смесь с воздухом и топливом и сжигаются в камерах сгорания. Таким образом, картерные газы утилизируются в двигателе посредством системы вентиляции картера.

На современных двигателях применяется принудительная система вентиляции картера закрытого типа. Система вентиляции картера у разных производителей и на разных двигателях может иметь различную конструкцию. Вместе с тем можно

выделить следующие общие конструктивные элементы данной системы: маслоотделитель, клапан вентиляции картера и воздушные патрубки (рисунок 4.1).



1 – центробежный маслоотделитель; 2 – клапан вентиляции картера; 3 – охладитель нагнетаемого воздуха; 4 – турбонагнетатель; 5 – отработавшие газы

Рисунок 4.1 – Система вентиляции картера (на примере системы дизельного двигателя TDI) [2]

Маслоотделитель предотвращает попадание паров масла в камеру сгорания двигателя, тем самым уменьшает образование сажи. Различают лабиринтный и циклический способы отделения масла от газов. Современные двигатели оборудованы маслоотделителем комбинированного действия.

В лабиринтном маслоотделителе (другое наименование успокоитель) замедляется движение картерных газов, за счет чего крупные капли масла оседают на стенках и стекают в картер двигателя.

Центробежный маслоотделитель производит дальнейшее отделение масла от картерных газов. Картерные газы, проходя через маслоотделитель, приходят во вращательное движение. Частицы масла под действием центробежной силы оседают на стенках маслоотделителя и стекают в картер двигателя.

Для предотвращения турбулентности картерных газов после центробежного маслоотделителя применяется выходной успокоитель лабиринтного типа. В нем происходит окончательное отделение масла от газов.

Клапан вентиляции картера служит для регулирования давления поступающих во впускной коллектор картерных газов. При незначительном разрежении клапан открыт. При значительном разрежении во впускном канале клапан закрывается.

Работа системы вентиляции картера основана на использовании разрежения, возникающего во впускном коллекторе двигателя. Посредством разрежения газы выводятся из картера. В маслоотделителе картерные газы очищаются от масла. После чего, газы по патрубкам направляются во впускной коллектор, где смешиваются с воздухом и сжигаются в камерах сгорания.

В двигателях с турбонаддувом осуществляется дроссельное регулирование вентиляции картера.

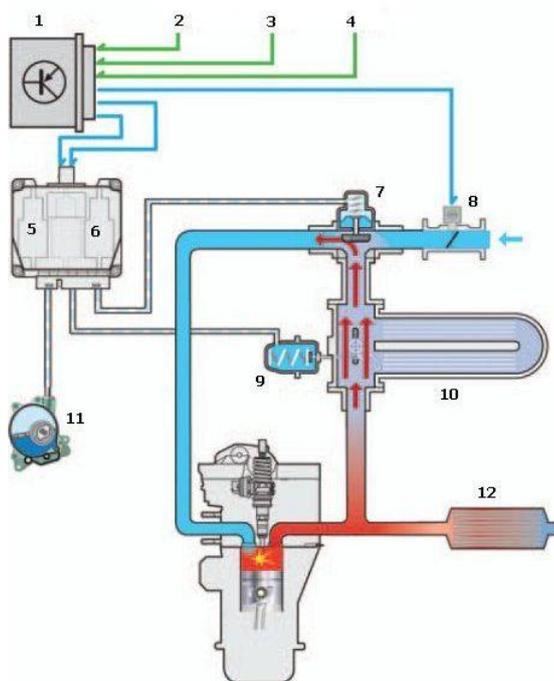
Система рециркуляции отработавших газов (EGR – Exhaust gas recirculation) предназначена для снижения в отработавших газах содержания оксидов азота за счет возврата части газов во впускной коллектор.

Возврат части отработавших газов во впускной коллектор позволяет снизить температуру сгорания топливно-воздушной смеси, и, тем самым, уменьшить образование оксидов азота. При этом соотношение компонентов в топливно-воздушной смеси остается неизменным, а мощностные характеристики двигателя изменяются незначительно.

Система рециркуляции отработавших газов применяется как на дизельных, так и на бензиновых двигателях. На бензиновых ДВС, оборудованных турбонаддувом, система рециркуляции отработавших газов не применяется.

В зависимости от стандарта токсичности отработавших газов, на дизельных двигателях внутреннего сгорания применяются различные схемы системы рециркуляции отработавших газов: высокого давления, низкого давления и комбинированная система рециркуляции.

Система рециркуляции отработавших газов высокого давления применяется на дизельных двигателях, отвечающих требованиям ЕВРО-4 (содержание оксида азота в отработавших газах не более 0,25 г/км). Система обеспечивает отвод части отработавших газов непосредственно из выпускного коллектора перед турбокомпрессором и подачу в канал перед впускным коллектором (рисунок 4.2).



1 – блок управления двигателем; 2 – сигнал датчика частоты вращения коленчатого вала; 3 – сигнал датчика массового расхода воздуха; 4 – сигнал датчика температуры охлаждающей жидкости; 5 – электромагнитный клапан управления рециркуляцией; 6 – электромагнитный клапан управления заслонкой охладителя; 7 – клапан рециркуляции отработавших газов; 8 – электропривод впускной заслонки; 9 – вакуумный привод заслонки охладителя; 10 – охладитель перепускаемых отработавших газов; 11 – вакуумный насос; 12 – каталитический нейтрализатор

Рисунок 4.2 – Система рециркуляции ОГ высокого давления [2]

Конструктивно система объединяет клапан рециркуляции и патрубки отвода отработавших газов. Клапан рециркуляции осуществляет перепускание отработавших газов из выпускной системы во впускной коллектор. Клапан имеет пневматический или электрический привод.

Работа пневматического клапана основана на разряжении, возникающем во впускном коллекторе (бензиновые двигатели) или создаваемым вакуумным насосом (дизельные двигатели). Величину разряжения, подающегося на клапан рециркуляции, регулирует управляющий клапан, представляющий собой электромагнитный клапан.

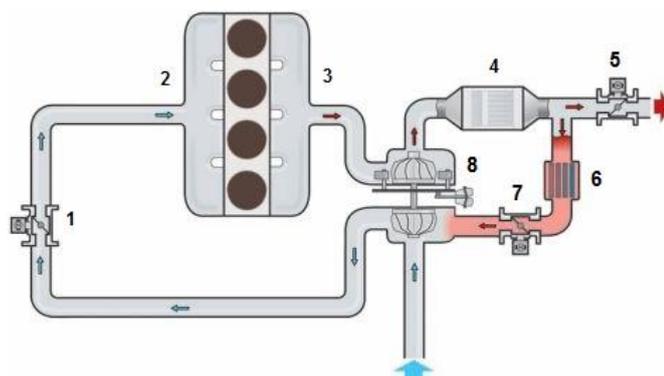
Интенсивность рециркуляции отработавших газов зависит от разницы давлений в впускной и выпускной системах. Величина давления в впускной системе регулируется с помощью дроссельной заслонки. При закрытии дроссельной заслонки уменьшается давление на впуске и соответственно повышается интенсивность рециркуляции. Вместе с тем с ростом объема рециркуляции уменьшается поток отработавших газов, проходящих через турбину компрессора, что снижает давление наддува.

Система рециркуляции отработавших газов не работает на холостом ходу, при холодном двигателе, а также при полностью открытой дроссельной заслонке.

Рециркуляция отработавших газов производится под контролем системы управления двигателем. По сигналу блока управления перемещается дроссельная заслонка и срабатывает клапан рециркуляции. Положение дроссельной заслонки контролируется потенциометрическим датчиком.

На отдельных двигателях в системе рециркуляции отработавших газов применяется охлаждение отработавших газов, которое дополнительно снижает температуру сгорания и, тем самым, уменьшает образование оксидов азота. Охлаждение производится путем прохождения охлаждающей жидкости через специальный радиатор, включенный в систему охлаждения двигателя. Для защиты от перегрева в систему охлаждения включен и корпус клапана рециркуляции.

На дизельных двигателях, отвечающих нормам ЕВРО-5 (содержание оксида азота в отработавших газах не более 0,18 г/км) применяется система рециркуляции отработавших газов низкого давления. В такой системе отработавшие газы отводятся после сажевого фильтра, охлаждаются в радиаторе системы рециркуляции, проходят через клапан (заслонку) рециркуляции и подаются в впускную систему непосредственно перед турбокомпрессором (рисунок 4.3).



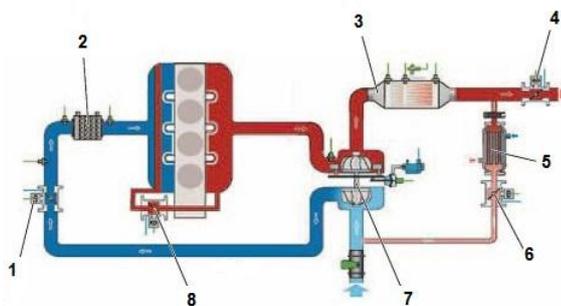
1 – дроссельная заслонка; 2 – впускной коллектор; 3 – выпускной коллектор; 4 – сажевый фильтр; 5 – выпускная заслонка; 6 – радиатор системы рециркуляции; 7 – заслонка рециркуляции; 8 – турбонагнетатель

Рисунок 4.3 – Система рециркуляции ОГ низкого давления [2]

Система низкого давления обеспечивает меньшую температуру отработавших газов, отсутствие частиц сажи и, в конечном счете, меньшее содержание оксидов азота в выхлопе. Помимо этого все отработавшие газы проходят через турбину компрессора, поэтому давление наддува не снижается.

Регулирование интенсивности рециркуляции отработавших газов осуществляет система управления двигателем с помощью дроссельной заслонки, заслонки рециркуляции и выпускной заслонки. Заслонки имеют электрический привод. Величина открытия каждой из заслонок фиксируется потенциометрическими датчиками. Степень открытия заслонок определяется на основании заложенной в блок управления цифровой модели, учитывающей наполнение цилиндров, давление наддува и интенсивность рециркуляции отработавших газов.

На дизельных двигателях, отвечающих требованиям стандарта ЕВРО-6 (содержание оксида азота в отработавших газах не более 0,08 г/км) применяется комбинированная система рециркуляции отработавших газов. Система имеет две отдельные магистрали рециркуляции отработавших газов – высокого и низкого давления (рисунок 4.4).



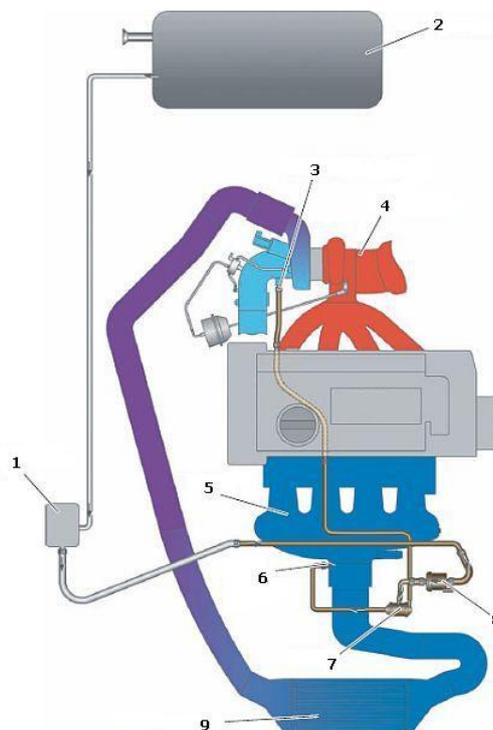
1 – дроссельная заслонка; 2 – охладитель наддувочного воздуха; 3 – сажевый фильтр; 4 – выпускная заслонка; 5 – радиатор системы рециркуляции; 6 – заслонка рециркуляции низкого давления; 7 – турбонагнетатель; 8 – заслонка рециркуляции высокого давления

Рисунок 4.4 – Комбинированная система рециркуляции ОГ [2]

Рециркуляция отработавших осуществляется аналогично рециркуляции на двигателях ЕВРО-5. Кроме того, на определенных режимах работы двигателя происходит дополнительная подача отработавших газов из магистрали высокого давления, что еще больше уменьшает содержание оксидов азота. Магистраль высокого давления не имеет охладителя отработавших газов.

Система улавливания паров бензина (EVAP - Evaporative Emission Control) предназначена для предотвращения утечки паров бензина в атмосферу. Пары образуются при нагреве бензина в топливном баке, а также при пониженном атмосферном давлении. Пары бензина аккумулируются в системе, при запуске двигателя выводятся во впускной коллектор и сжигаются в двигателе. Система применяется на всех современных моделях бензиновых двигателей.

Система улавливания паров бензина объединяет угольный адсорбер, электромагнитный клапан его продувки и соединительные трубопроводы (рисунок 4.5).



1 – адсорбер; 2 – топливный бак; 3 – патрубок подачи в турбонагнетатель; 4 – турбонагнетатель; 5 – впускной коллектор; 6 – патрубок подачи во впускной коллектор; 7 – обратный клапан; 8 – запорный электромагнитный клапан; 9 – интеркулер

Рисунок 4.5 – Схема системы улавливания паров бензина [2]

Основу конструкции системы составляет адсорбер, который собирает пары бензина из топливного бака. Адсорбер заполнен гранулами активированного угля, которые непосредственно поглощают и сохраняют пары бензина. Адсорбер имеет три внешних соединения:

- 1) с топливным баком (через него пары топлива поступают в адсорбер);
- 2) с впускным коллектором (через него происходит продувка адсорбера);
- 3) с атмосферой через воздушный фильтр или отдельный клапан на входе (через него создается перепад давления, необходимый для продувки).

Освобождение адсорбера от накопленных паров бензина осуществляется с помощью продувки (регенерации). Для управления процессом регенерации в систему EVAP включен электромагнитный клапан продувки адсорбера. Клапан

является исполнительным механизмом системы управления двигателем и располагается в трубопроводе, соединяющем адсорбер с впускным коллектором.

Продувка адсорбера производится на определенных режимах работы двигателя (частота вращения коленчатого вала, нагрузка). На холостом ходу и холодном двигателе продувка не производится.

По команде электронного блока управления электромагнитный клапан открывается. Пары бензина, находящиеся в адсорбере, продуваются за счет разрежения во впускном коллекторе. Они направляются в коллектор и далее сжигаются в камерах сгорания двигателя.

Количество поступающих паров бензина регулируется временем открытия клапана. При этом в двигателе поддерживается оптимальное соотношение воздуха и топлива.

В двигателях с турбонаддувом при работе турбокомпрессора разрежение во впускном коллекторе не создается. Поэтому в систему EVAP включен дополнительный двухходовой клапан, который срабатывает и направляет пары топлива при продувке адсорбера во впускной коллектор (при отсутствии давления наддува) или на впуск компрессора (при наличии давления наддува).

К системе нейтрализации и очистки отработавших газов относится каталитический нейтрализатор и сажевый фильтр.

Каталитический нейтрализатор в составе выпускной системы предназначен для снижения выброса ЗВ в атмосферу с отработавшими газами.

Каталитический нейтрализатор применяется как на бензиновых, так и на дизельных двигателях. Он обычно устанавливается непосредственно за выпускным коллектором или перед глушителем.

Конструкция каталитического нейтрализатора включает блок-носитель, теплоизоляцию и корпус.

Основным элементом каталитического нейтрализатора является блок-носитель, который служит основанием. Блок-носитель изготавливается из специальной огнеупорной керамики. Конструктивно блок-носитель состоит из

множества продольных сот-ячеек, которые значительно увеличивают площадь соприкосновения с отработавшими газами.

На поверхность сот-ячеек тонким слоем наносятся вещества-катализаторы. В качестве таких веществ используются платина, палладий и родий. Катализаторы ускоряют протекание химических реакций в нейтрализаторе.

Платина и палладий относятся к окислительным катализаторам. Они способствуют окислению несгоревших углеводородов (C_nH_m) в водяной пар, оксида углерода (CO) в углекислый газ (CO_2).

Родий является восстановительным катализатором. Он восстанавливает оксиды азота (N_xO_y) в безвредный азот.

Таким образом, три катализатора снижают содержание в отработавших газах трех загрязняющих веществ. Такой нейтрализатор называется трехкомпонентным каталитическим нейтрализатором.

Блок-носитель помещается в металлический корпус (рисунок. 4.6).



Рисунок 4.6 – Металлический корпус нейтрализатора [2]

Между ними обычно располагается слой теплоизоляции. В корпусе нейтрализатора устанавливается кислородный датчик.

Условием эффективной работы каталитического нейтрализатора является температура 300 °С. При такой температуре задерживается порядка 90 % ЗВ. С целью быстрого прогрева нейтрализатора при запуске двигателя осуществляются следующие мероприятия:

- установка нейтрализатора непосредственно за выпускным коллектором;
- повышение температуры ОГ за счет обогащения топливно-воздушной смеси.

Бензины с антидетонационными добавками свинца, железа и марганца значительно сокращают ресурс нейтрализатора. Однако для нормальных условий эксплуатации, то есть на неэтилированном бензине, соответствующем техническому регламенту ТР ТС 013/2011, ресурс нейтрализатора регламентируется пробегом 160000 км.

Трёхкомпонентный каталитический нейтрализатор применяется только на автомобилях с бензиновыми двигателями, работающими на стехиометрических топливно-воздушных смесях. Связан данный факт с разными условиями нейтрализации ЗВ. CO и C_nH_m в нейтрализаторе окисляются, а главным условием эффективного окисления является наличие большого количества O_2 , что возможно при наличии бедной топливно-воздушной смеси. N_xO_y эффективно восстанавливаются при богатой топливно-воздушной смеси, то есть при недостатке O_2 . Некоторым компромиссом является стехиометрическая топливно-воздушная смесь с содержанием O_2 необходимым и достаточным для полного сгорания (для полного сгорания 1 кг бензина требуется 14,7 кг воздуха). Так как работа подавляющего большинства бензиновых двигателей основана на концепции стехиометрических топливно-воздушных смесей, следовательно, трёхкомпонентный каталитический нейтрализатор окислительно-восстановительного типа является для них лучшим инженерным решением.

По тем же самым причинам для дизельных двигателей, работающих преимущественно на бедных и сверхбедных топливно-воздушных смесях, применяются двухкомпонентных каталитический нейтрализаторы окислительного типа. В данных устройствах нейтрализуются путём окисления только два компонента: CO и C_nH_m . Для сокращения содержания N_xO_y в ОГ дизельных двигателей используются системы EGR и SCR – система избирательной каталитической нейтрализации, о которой речь пойдёт ниже.

На автомобилях с дизельным двигателем в составе выпускной системы с 2000 года применяется сажевый фильтр. С введением норм ЕВРО-5 в январе 2011 года применение сажевого фильтра на автомобилях с дизельным двигателем является обязательным.

Дизельный сажевый фильтр (в английском варианте Diesel particulate filter, DPF, в французском варианте Filtre a particules, FAP, в немецком варианте Ruß partikel filter, RPF) предназначен для снижения выброса сажевых частиц в атмосферу с отработавшими газами. Применение фильтра позволяет добиться снижения частиц сажи в отработавших газах до 99,9 %.

В дизельном двигателе сажа образуется при неполном сгорании топлива. Частицы сажи имеют размер от 10 нм до 1 мкм. Каждая частица состоит из углеродного ядра, с которым соединены углеводороды, оксиды металлов, сера и вода. Конкретный состав сажи определяется режимом работы двигателя и составом топлива.

В выпускной системе сажевый фильтр располагается за каталитическим нейтрализатором. В ряде конструкций сажевый фильтр объединен с каталитическим нейтрализатором окислительного типа и располагается сразу за выпускным коллектором там, где температура отработавших газов максимальна. Он называется сажевый фильтр с каталитическим покрытием.

Основным конструктивным элементом сажевого фильтра является матрица, которая изготавливается из керамики (карбида кремния). Матрица помещена в металлический корпус. Керамическая матрица имеет ячеистую структуру, состоящую из каналов малого сечения, попеременно закрытых с одной и с другой стороны. Боковые стенки каналов имеют пористую структуру и играют роль фильтра.

В сечении ячейки матрицы имеют квадратную форму. Более совершенными являются входные ячейки восьмиугольной формы. Они имеют большую площадь поверхности (по сравнению с выходными ячейками), пропускают больше отработавших газов и обеспечивают больший срок службы сажевого фильтра.

В работе сажевого фильтра различается два последовательных этапа: фильтрация и регенерация сажи. При фильтрации происходит захват частиц сажи и оседание их на стенках фильтра. Наибольшую сложность для задержания представляют частицы сажи малого размера (от 0,1 до 1 мкм). Их доля невелика (до 5 %), но это самые опасные для человека выбросы. Современные сажевые фильтры задерживают и эти частицы.

Скопившиеся при фильтрации частицы сажи создают препятствие для отработавших газов, что приводит к снижению мощности двигателя. Поэтому периодически требуется очистка фильтра от накопившейся сажи или регенерация. Различают пассивную и активную регенерацию сажевого фильтра. В современных фильтрах используется, как правило, комбинированная регенерация.

Пассивная регенерация сажевого фильтра осуществляется за счет высокой температуры отработавших газов (порядка 600 °С), которая достигается при работе двигателя на максимальной нагрузке. Другим способом пассивной регенерации является добавление в топливо специальных присадок, которые обеспечивают сгорание сажи при более низкой температуре от 450 °С до 500 °С.

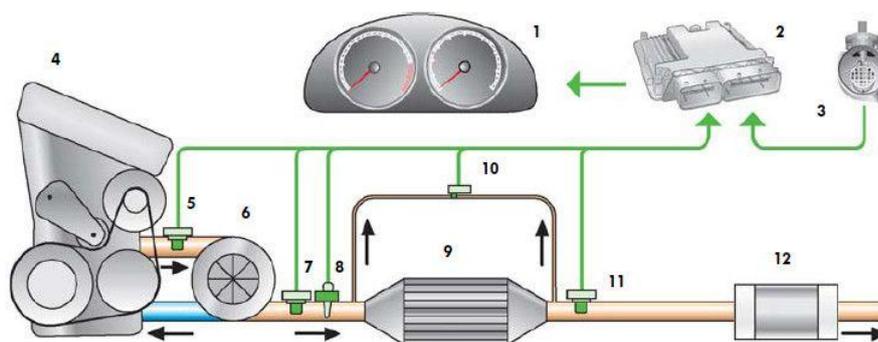
На определенных режимах работы двигателя (небольшая нагрузка, движение в городе и др.) наблюдается недостаточно высокая температура отработавших газов и пассивная регенерация происходить не может. В этом случае осуществляется активная (принудительная) регенерация сажевого фильтра.

Активная регенерация сажевого фильтра производится путем принудительного повышения температуры отработавших газов в течение определенного промежутка времени. Накопленная при этом сажа окисляется (сгорает). Различают несколько способов увеличения температуры отработавших газов при активной регенерации:

- поздний впрыск топлива;
- дополнительный впрыск топлива на такте выпуска;
- использование электрического нагревателя перед сажевым фильтром;
- впрыск порции топлива непосредственно перед сажевым фильтром;
- нагрев отработавших газов микроволнами.

Конструкция сажевого фильтра и систем, обеспечивающих его работу, постоянно совершенствуется. В настоящее время наиболее востребован сажевый фильтр с каталитическим покрытием и сажевый фильтр с системой ввода присадок в топливо.

Сажевый фильтр с каталитическим покрытием применяется на автомобилях концерна Volkswagen и ряда других производителей (рисунок 4.7).



1 – приборная панель; 2 – блок управления двигателем; 3 – расходомер воздуха; 4 – дизельный двигатель; 5 – датчик температуры отработавших газов перед турбокомпрессором; 6 – турбокомпрессор; 7 – датчик температуры отработавших газов перед сажевым фильтром; 8 – кислородный датчик; 9 – сажевый фильтр; 10 – датчик перепада давления в сажевом фильтре; 11 – датчик температуры отработавших газов после сажевого фильтра; 12 – глушитель

Рисунок 4.7 – Схема сажевого фильтра с каталитическим покрытием [2]

В работе сажевого фильтра с каталитическим покрытием различают активную и пассивную регенерацию.

При пассивной регенерации происходит непрерывное окисление сажи за счет действия катализатора (платины) и высокой температуры отработавших газов от 350°С до 500°С. Цепочка химических преобразований при пассивной регенерации имеет следующий вид:

- оксиды азота вступают в реакцию с кислородом в присутствии катализатора с образованием диоксида азота;
- диоксид азота вступает в реакцию с частицами сажи (углеродом) с образованием оксида азота и угарного газа;

- оксид азота и угарный газ вступают в реакцию с кислородом с образованием диоксида азота и углекислого газа.

Активная регенерация происходит при температуре от 600 °С до 650 °С, которая создается при помощи системы управления дизелем. Необходимость активной регенерации определяется на основании оценки пропускной способности сажевого фильтра, которая осуществляется с помощью следующих датчиков системы управления дизелем: расходомера воздуха; температуры отработавших газов до сажевого фильтра; температуры отработавших газов после сажевого фильтра; перепада давления в сажевом фильтре.

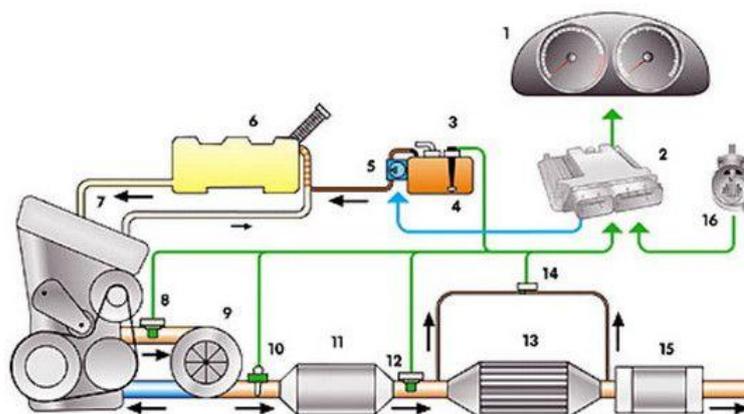
На основании электрических сигналов датчиков электронный блок управления производит дополнительный впрыск топлива в камеру сгорания, а также снижает подачу воздуха в двигатель и прекращает рециркуляцию отработавших газов. При этом температура отработавших газов поднимается до требуемой для рециркуляции величины.

Сажевый фильтр с системой ввода присадок в топливо является разработкой концерна PSA (Peugeot-Citroen). Так как первопроходцами использования присадок для регенерации являются французские автопроизводители, за фильтром закрепилось название FAP-фильтр (от французского *Filtre a particules*). Аналогичный подход реализован в сажевых фильтрах других автопроизводителей (Ford, Toyota).

В системе используется присадка, содержащая церий, которая добавляется в топливо и обеспечивает сжигание сажи при более низкой температуре от 450 °С до 500 °С. Но и эта температура отработавших газов не всегда может быть достигнута, поэтому в системе периодически выполняется активная регенерация сажевого фильтра. Сажевый фильтр устанавливается, как правило, отдельно за каталитическим нейтрализатором (рисунок 4.8).

Присадка хранится в отдельном бачке, емкостью 3...5 л. Присадки хватает на 80...120 тыс. км пробега (срок службы фильтра). Конструктивно бачок может находиться в топливном баке или вне его. Уровень присадки в бачке контролируется с помощью датчика поплавкового типа. В топливный бак присадка подается с

помощью электрического насоса. Подача присадки осуществляется при каждой заправке топливного бака пропорционально заправляемому объему топлива.



1 – приборная панель; 2 – блок управления двигателем; 3 – бачок для хранения присадки; 4 – датчик уровня присадки в бачке; 5 – электрический насос; 6 – топливный бак; 7 – дизельный двигатель; 8 – датчик температуры отработавших газов перед турбокомпрессором; 9 – турбокомпрессор; 10 – кислородный датчик; 11 – каталитический нейтрализатор; 12 – датчик температуры отработавших газов перед сажевым фильтром; 13 – сажевый фильтр; 14 – датчик перепада давления в сажевом фильтре; 15 – глушитель; 16 – расходомер воздуха

Рисунок 4.8 – Схема сажевого фильтра с системой ввода присадок в топливо [2]

Начало и продолжительность подачи присадки регулируется блоком управления двигателем (в некоторых конструкциях отдельным электронным блоком). Побочным эффектом применения присадки является то, что при сгорании она оседает в виде золы на стенки фильтра и не выводится из него, что сокращает ресурс устройства.

Срок службы современного сажевого фильтра составляет 120000 км пробега. Производители декларируют выпуск в ближайшее время фильтра с ресурсом 250000 км.

Экологические требования к современным автомобилям становятся все строже. Только автопроизводители выполнили нормы ЕВРО-5, как в 2014 году вступили в силу нормы ЕВРО-6. Обязательными конструктивными элементами автомобиля стали каталитический нейтрализатор, сажевый фильтр и пр. Для дизельных двигателей начинает применяться система избирательной каталитической нейтрализации.

Система избирательной каталитической нейтрализации (другое название – система селективного каталитического восстановления, Selective catalytic reduction, SCR) применяется на автомобилях с дизельным двигателем с 2004 года. Система снижает уровень оксидов азота в отработавших газах и, тем самым, позволяет выполнить нормы токсичности ЕВРО-5 и ЕВРО-6.

Система SCR является разработкой компании FPT Industrial, входящей в состав Fiat. Система устанавливается на грузовых и легковых автомобилях, автобусах. В настоящее время систему избирательной каталитической нейтрализации применяет на своих легковых автомобилях Audi, BMW, Mazda, Mercedes-Benz, Mini, Volkswagen.

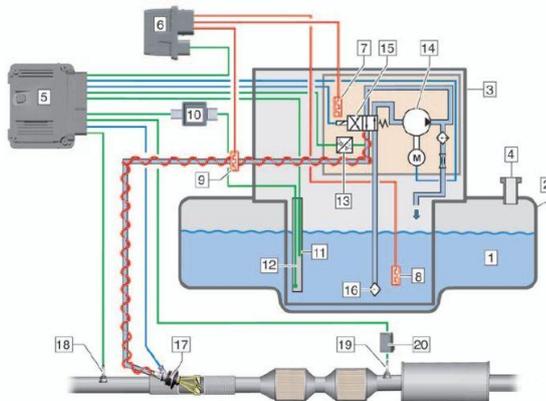
Название системы свидетельствует о том, что нейтрализация отработавших газов происходит избирательно – снижается содержание только оксидов азота. По своему предназначению система селективного каталитического восстановления является альтернативой системы рециркуляции отработавших газов.

Конструктивно система избирательной каталитической нейтрализации включает бак, насос, форсунку, механический смеситель, восстановительный катализатор, систему электронного управления и систему подогрева (рисунок 4.9).

Нейтрализация оксидов азота осуществляется с помощью восстановительного реагента, в качестве которого выступает 32,5 % раствор мочевины. Именно при такой концентрации температура замерзания раствора мочевины имеет минимальное значение. Применяемый в системе SCR раствор мочевины имеет торговое название AdBlue.

Бак является резервуаром для хранения мочевины. Объем и количество баков определяется конструкцией системы и мощностью двигателя. В зависимости от

условий эксплуатации расход мочевины составляет 2...4% от расхода топлива. Насос служит для подачи мочевины к форсунке под определенным давлением. Он имеет электрический привод и устанавливается непосредственно в баке мочевины.



1 – раствор мочевины; 2 – бак; 3 – модуль подачи мочевины; 4 – заливная горловина; 5 – блок управления двигателем; 6 – блок управления системы подогрева мочевины; 7 – нагревательный элемент насоса; 8 – нагревательный элемент бака; 9 – нагревательный элемент трубопровода; 10 – блок контроля уровня мочевины; 11 – датчик уровня мочевины; 12 – датчик температуры мочевины; 13 – датчик давления мочевины; 14 – насос; 15 – обратный клапан; 16 – фильтр; 17 – форсунка; 18 – датчик температуры отработавших газов; 19 – датчик оксидов азота; 20 – блок управления датчика оксидов азота

Рисунок 4.9 – Схема системы избирательной каталитической нейтрализации [2]

Для перекачки мочевины используют насосы различных типов: шестеренный, мембранный.

В нагнетательную магистраль системы нейтрализации включен электромагнитный клапан обратной перекачки мочевины. При выключении двигателя автомобиля клапан обеспечивает перекачку мочевины из трубопровода обратно в бак. Форсунка впрыскивает определенное количество мочевины в выпускной тракт, а именно в направляющую трубу.

Следом за форсункой в направляющей трубе установлен механический смеситель, который дробит капли мочевины для испарения, а также закручивает отработавшие газы для лучшего смешивания с мочевиной. Направляющая труба заканчивается восстановительным нейтрализатором, имеющим сотовую структуру. Стенки нейтрализатора покрыты веществом, ускоряющим восстановление оксидов азота (цеолит меди, пентаоксид ванадия).

Электронная система управления традиционно включает входные датчики, блок управления и исполнительные устройства. Входными устройствами системы управления являются датчики давления мочевины, уровня мочевины и температуры мочевины, датчик оксидов азота и датчик температуры отработавших газов.

Датчик давления мочевины контролирует давление, создаваемое насосом. Датчик уровня мочевины следит за уровнем мочевины в баке. Информация об уровне и необходимости дозаправки системы выводится на комбинацию приборов и сопровождается звуковым сигналом. Датчик температуры обеспечивает измерение температуры мочевины. Перечисленные датчики устанавливаются в модуле подачи мочевины (в баке).

Датчик оксидов азота определяет содержание оксидов азота в отработавших газах после каталитической нейтрализации и поэтому устанавливается после восстановительного нейтрализатора. Датчик температуры отработавших газов непосредственно запускает процесс нейтрализации при достижении отработавшими газами температуры 200 °С.

Сигналы от входных датчиков поступают в электронный блок управления, в качестве которого выступает блок управления двигателем. В соответствии с заложенным алгоритмом по команде блока управления активизируются определенные исполнительные устройства: электродвигатель насоса, электромагнитная форсунка, электромагнитный клапан обратной перекачки, а также поступают сигналы в блок управления системой подогрева.

Используемый в системе SCR раствор мочевины имеет температуру замерзания ниже -11 °С и при определенных условиях требуется его подогрев. Функцию подогрева мочевины выполняет отдельная система, включающая датчики

температуры мочевины и температуры наружного воздуха, блок управления и нагревательные элементы. В зависимости от конструкции системы нагревательные элементы устанавливаются в баке, насосе и трубопроводе. Подогрев мочевины начинается при температуре окружающего воздуха ниже -5°C .

Работа системы избирательной каталитической нейтрализации осуществляется следующим образом. Впрыскиваемая форсункой мочевина подхватывается потоком отработавших газов, перемешивается и испаряется с помощью смесителя. На участке до восстановительного катализатора мочевина распадается на аммиак и углекислый газ. В нейтрализаторе аммиак вступает в реакцию с оксидами азота, в результате которой образуются безопасные азот и вода.

4.1.2 Совершенствование двигателей автомобилей с целью соответствия их требованиям, ограничивающим их акустическое излучение, предполагает работу по двум принципиально разным направлениям [3]:

- 1) «пассивное» снижение шума, не связанное с существенной рационализацией ДВС;
- 2) «активное» уменьшение акустического излучения, предполагающее целенаправленные изменения характера процессов, протекающих в двигателе, а также изменение его конструкции.

Пассивное снижение шума реализуется в основном:

- применением капсул, акустически герметизирующих двигатель в подкапотном пространстве;
- использованием звукопоглощающих и звукоотражающих экранов устанавливаемых в направлении распространения звуковых волн от двигателя к точкам измерения шума при его нормативной оценке.

Капсулирование двигателя дает наибольший акустический эффект. Лучшие конструкции звукоизолирующих капсул ДВС позволяют снизить уровни звука на 8 – 10 дБА.

В конструкции капсул используются специальные материалы с высокими звукоизолирующими и звукопоглощающими свойствами. В настоящее время конструкции капсул изготавливают из полимерных материалов, имеющих:

- высокие показатели шумоизоляции и вибродемпфирования – акустическую эффективность 6 – 8 дБА;
- малую плотность (около 350 г/м³);
- массу 25 – 40 кг.

Они увеличивают стоимость автомобиля среднего класса на 5 % – 8 %.

Звукоизолирующие и звукопоглощающие экраны, размещаемые в моторном отсеке обладают меньшим по сравнению с капсулами акустическим эффектом. При акустическом эффекте не более 1,5 – 2,0 дБА целесообразность таких мероприятий ограничивается возрастающей материалоемкостью конструкции и усложнением обслуживания и эксплуатации автомобиля.

Системы впуска и выпуска отработавших газов являются источниками шума аэродинамического происхождения. Для их шумоглушения используются специальные устройства, конструкция которых не затрагивает базовых элементов самого двигателя.

Основная задача конструирования этих систем заключается в обеспечении заданных параметров заглушения при минимальных габаритах, массе и стоимости системы. Полностью этим требованиям удовлетворяют применяемые на автомобилях в настоящее время двухкаскадные реактивно-активные системы шумоглушения. Включение в конструкцию системы выпуска нейтрализаторов способствует улучшению заглушающих свойств системы, так как принципы функционирования нейтрализаторов способствуют снижению шума выпуска.

Более актуальным вопросом в настоящее время является совершенствование акустических качеств системы впуска, что связано с жесткими ограничениями её массогабаритных и гидравлических характеристик.

Обязательные для систем впуска автомобилей воздухоочистители являются весьма эффективными глушителями шума процесса впуска. Они выполняют, как правило, роль камерного глушителя.

При этом для эффективного снижения составляющей спектра шума с частотой, равной частоте следования тактов впуска, необходимо обеспечить нужную геометрию впускного тракта – в основном требуемую его длину.

Эффективной представляется комбинация традиционной системы впуска и активного излучателя для подавления наиболее акустически активных гармоник низкочастотного шума. Его излучение контролируется микропроцессором и формируется в виде акустического сигнала, находящегося в противофазе сигналу заглушаемых гармоник. Применение такого способа шумоглушения во впускных системах весьма перспективно.

Активные способы снижения шума предполагают целенаправленные изменения характера процессов в ДВС, вызывающих шум данного происхождения, и конструкции двигателя, обеспечивающей поглощение колебательной энергии и ограничивающей передачу энергии на наружные поверхности, а также интенсивность излучения.

Акустические характеристики структурного шума двигателя в значительной мере предопределяются избранной при его проектировании стратегией обеспечения необходимой эффективной мощности. При минимально приемлемой номинальной частоте вращения коленчатого вала заданную величину эффективной мощности с позиции ограничения образования структурного шума можно получить за счет: 1) увеличения рабочего объема двигателя; 2) повышения среднего эффективного давления в цилиндрах. Первый вариант менее рационален, так как он связан с увеличением массы и габаритов двигателя.

Важная особенность структурного шума ДВС заключается в том, что при различии возмущающих факторов (рабочий процесс или же соударения в подвижных сочленениях) его излучателями являются одни и те же наружные поверхности двигателя. Это позволяет считать оптимизацию конструкции корпусных деталей одним из наиболее перспективных методов снижения структурного шума ДВС.

При одном и том же возбуждении конструкции снижение ее шумоизлучения можно обеспечить путем:

- уменьшения уровня колебаний ее поверхностей;
- снижения способности наружной поверхности конструкции к излучению шума.

Мероприятия, обеспечивающие уменьшение уровня колебаний наружных поверхностей двигателя, включают:

1) повышение коэффициента затухания конструкции путем:

- организации трения в сопряжениях соединенных деталей;

- включение в конструкцию специальных демпферов, например, в резьбовых соединениях (рисунок 4.10);



Рисунок 4.10 – Снижение шума от масляного поддона при различных вариантах его крепления к картеру двигателя

- изготовление корпусных деталей из материалов с высоким коэффициентом демпфирования;

2) изменение геометрии элементов конструкции, перераспределение металла в ней и ввод новых элементов для повышения жесткости зон, имеющих высокий уровень колебаний.

Реализация второй группы мероприятий предполагает следующие конструктивные решения в деталях, формирующих корпус двигателя и непосредственно воспринимающих силовую нагрузку.

1) Введение продольных ребер жесткости на стенках развала блок-картера, а также применение ребер в отдельных подструктурах конструкции деталей ДВС для повышения их жесткости с учетом технологических, эксплуатационных, а также габаритных проблем и ограничений.

Высокие амплитуды собственных колебаний перегородок блок-картера в зоне подшипникового узла крепления коленчатого вала указывают на необходимость уменьшения деформации перегородок коренных опор путем использования:

- специальной продольной стяжки крышек коренных опор;
- промежуточной плиты, связывающей все крышки коренных подшипников (рисунок 4.11).

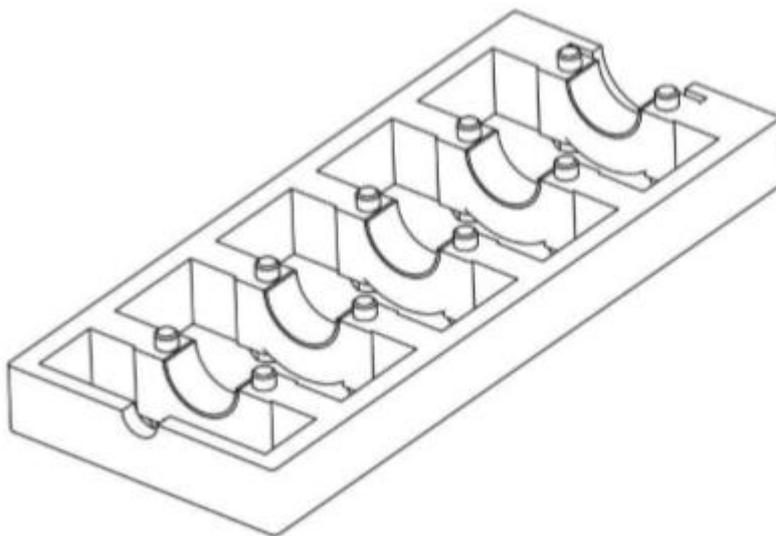


Рисунок 4.11 – Промежуточная плита, объединяющая крышки опор коленчатого вала

2) Выполнение протяженных поверхностей нагруженных деталей корпуса ДВС:

- выпукло-вогнутыми: боковых стенок в пределах секции блока цилиндров выпуклыми или использование арочной структуры боковой стенки между перегородками картера (рисунок 4.12);

- оребренными (рисунок 4.13).

3) Связывание внутренних стенок развала блоков цилиндров V-образного двигателя поперечными элементами на уровне коренных опор (рисунок 4.14).

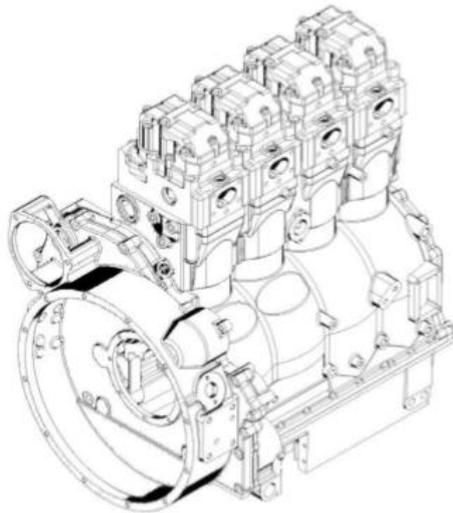


Рисунок 4.12 – Конструкция блок-картера с выпукло-вогнутыми стенками

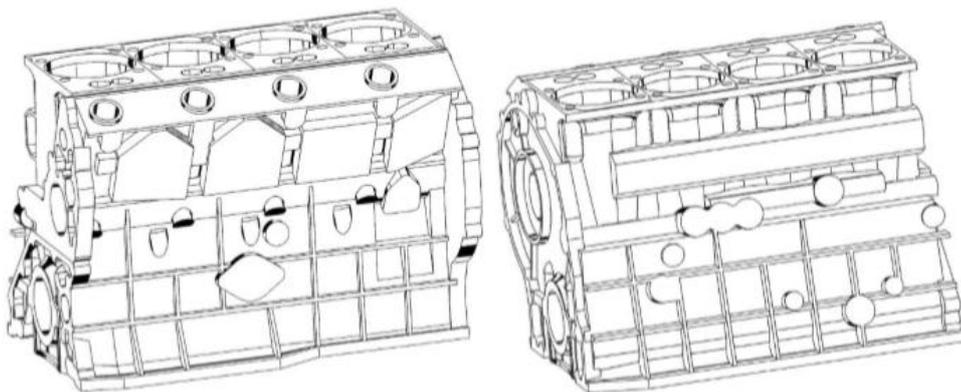


Рисунок 4.13 – Оребрение блока-картера для повышения его жёсткости

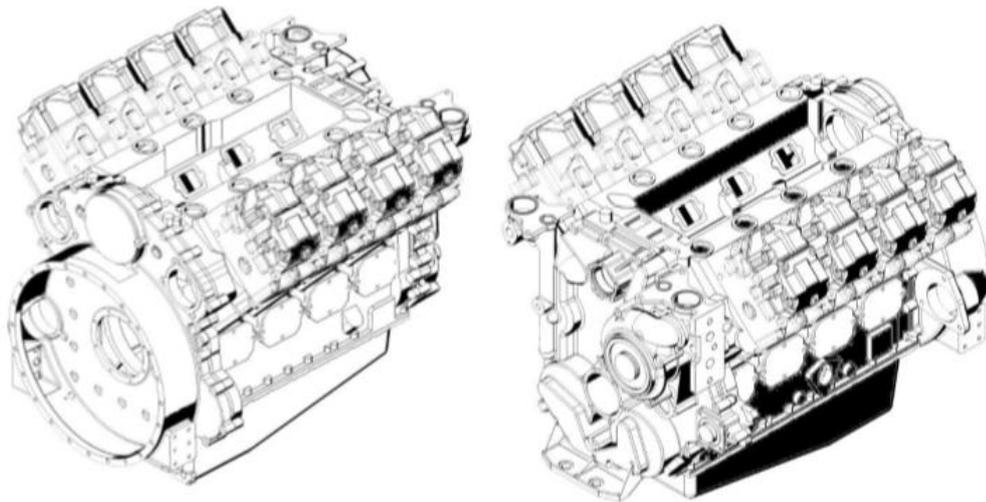


Рисунок 4.14 – Повышение жёсткости блока цилиндров V-образного двигателя

4) Повышение жесткости нижней части боковой стенки картера в местах установки масляного поддона для снижения уровня его кинематического возбуждения.

5) Формирование VR- и W-конструкции корпуса двигателя (рисунок 4.15).

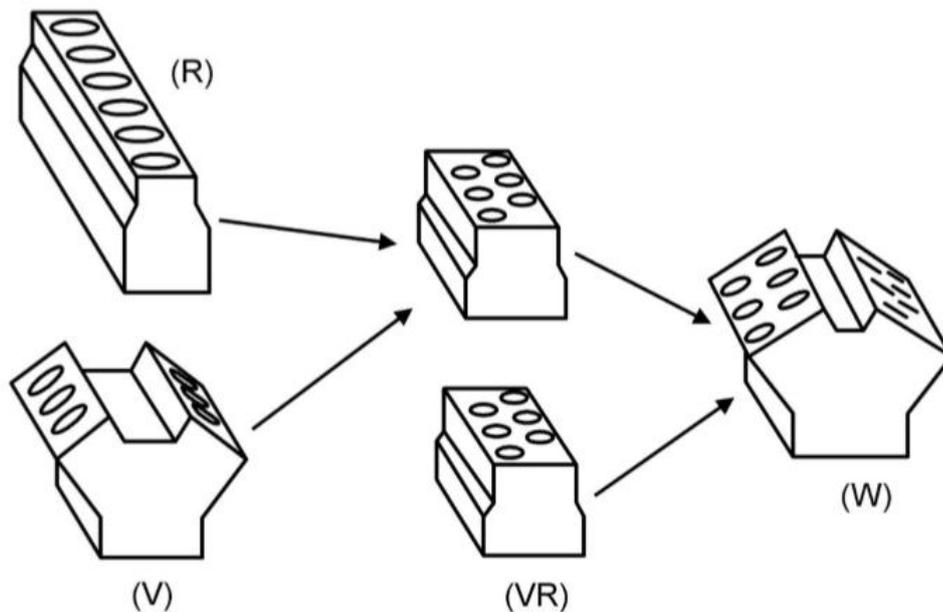


Рисунок 4.15 – Формирование VR- и W-конструкции двигателя

Формирование ненагруженных деталей ДВС, воспринимающих энергию от нагруженных корпусных деталей, предполагает следующие конструктивные решения.

1) Изготовление протяженных тонкостенных поверхностей выпукло-вогнутыми.

2) Подкрепление тонкостенных поверхностей системой ребер, с учетом их технологичности при невысоком увеличении их материалоемкости (рисунок 4.16).

3) Снижение уровня передачи колебательной энергии от корпусных деталей к ненагруженным с помощью специальных крепежных элементов и прокладок.

4) При изменении компоновки цилиндров с линейной на V-образную при одном и том же рабочем процессе (рисунок 4.17).

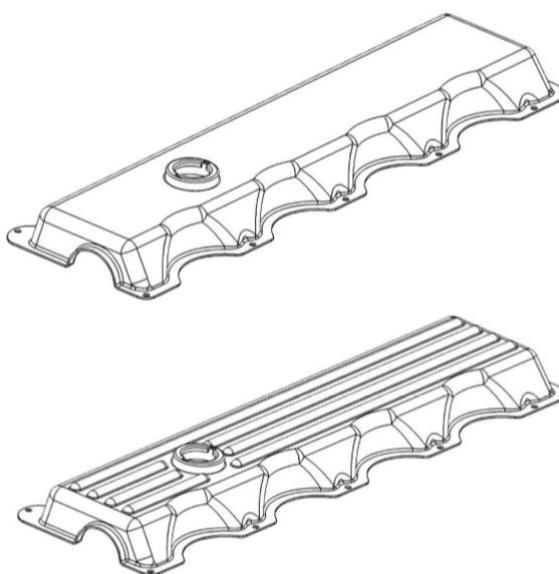


Рисунок 4.16 – Подкрепление тонкостенных деталей рёбрами

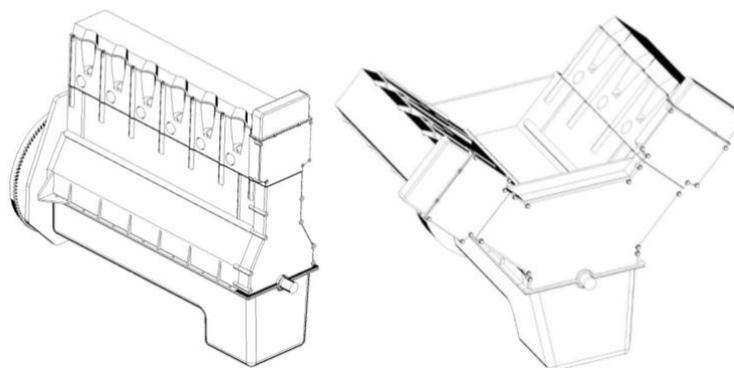


Рисунок 4.17 – Применение различных компоновочных схем для одинакового количества цилиндров

В этом случае уменьшается длина блок-картера ДВС и, следовательно, возрастает продольная изгибная жесткость всей его структуры, а также происходит рост уровня звуковой мощности, что вызвано увеличением площади наружных поверхностей при сопоставимой массе двигателей.

При доводке рабочего процесса с точки зрения акустики необходимо учитывать зачастую противоречивую взаимосвязь мощностных, экономических и акустических показателей таким образом, чтобы при улучшении акустических показателей не происходило существенного ухудшения остальных, рисунок 4.18.

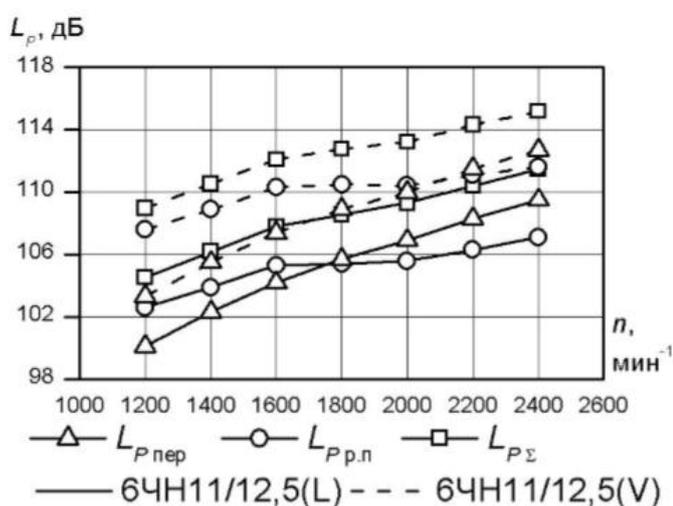


Рисунок 4.18 – Изменение акустических показателей дизелей различных компоновочных схем по внешней скоростной характеристике

Основным инструментом изменения рабочего процесса для выполнения требований к акустическому излучению ДВС является характеристика подвода теплоты. В современных топливных системах реализовано гибкое управление моментом и продолжительностью впрыскивания топлива в цилиндр в процессе работы двигателя. Аккумуляторные системы питания дизелей (типа Common Rail) с электронным управлением способны осуществить ступенчатое впрыскивание топлива, обеспечив, таким образом, менее жесткий рабочий процесс, что приводит к существенному снижению шума. Изучение влияния характеристик подвода теплоты

на уровень шума ДВС в случае их гибкого изменения является актуальной задачей для перспективных исследований.

Система управления в данном случае может использоваться для изменения режима работы ДВС в зависимости от назначения автомобиля или команды водителя. Например, для работы в черте города, особенно в ночное время, важно обеспечить малый уровень шума и выбросов токсичных компонентов, мощность двигателя и экономичность в данном случае являются второстепенным параметром. Поэтому электронный блок управления двигателем выберет алгоритм, обеспечивающий минимальные уровни шума и выбросов вредных веществ.

При работе автотранспортного средства на дальних междугородных перевозках основное время движения приходится на магистрали вне городской территории. В связи с этим главным требованием к двигателю является топливная экономичность при достаточном уровне мощностных показателей. Система управления в данном случае может выбрать алгоритм, обеспечивающий минимальный расход топлива.

При эксплуатации автотранспортного средства в зонах отдыха и лечебно-оздоровительных пансионатах важным является уровень вредных выбросов в атмосферу и шум, в этом случае система управления должна использовать алгоритм, который минимизирует указанные параметры.

Применение системы Common Rail с быстродействующими пьезофорсунками позволило при том же давлении впрыскивания топлива снизить токсичность ОГ дизелей на 20 %. повысить на 5 % мощность, уменьшить на 3 % расход топлива и снизить уровень шума на 3 дБА.

Изменения акустических показателей рабочего процесса двигателя можно достичь с использованием альтернативных топлив. Так, применение природного газа в дизеле 8Ч 12/12 привело к снижению общего уровня структурного шума по внешней скоростной характеристике на 6 – 10 дБА.

Помимо природного газа в качестве альтернативного топлива может использоваться диметилэфир (ДМЭ). Обладая определенными достоинствами и

недостатками с точки зрения мощностных и экономических параметров, его применение приводит к снижению уровня шума ДВС до 10 дБА.

4.1.3 Техническое состояние автомобиля и уровень его экологической опасности напрямую связаны между собой, о чём подробно описано в разделе 1 данного учебного пособия. Приведённые выше системы обеспечивают экологическую безопасность автомобиля и позволяют удовлетворять самым жёстким нормам ЕВРО, только когда они исправны. В случае неудовлетворительного технического состояния при эксплуатации за пределами их ресурса наблюдается существенное повышение уровня экологической опасности автомобиля [1].

Для поддержания исправного технического состояния автомобиля и, как следствие, заданного уровня его экологической опасности необходимо соблюдать установленные ТР ТС 018/2011 требования к прохождению периодического технического осмотра. В этом случае заданный при производстве уровень экологической опасности автомобиля, будет поддерживаться и в эксплуатации.

Возраст автомобиля является фактором, определяющим, как часто возникает состояние неисправности, вызывающее превышение уровня экологической опасности, не зафиксированное при техническом осмотре. Кроме того, экологический класс подержанных автомобилей со значительным пробегом, как правило, ниже, чем у аналогичных новых АТС. Поэтому обновление автомобильного парка необходимо рассматривать в качестве ещё одного эффективного средства оздоровления экологической ситуации.

4.2 Автотранспортный поток и обеспечение экологической безопасности

Снижение уровня экологической опасности автотранспортного потока связано с управлением такими факторами, как состав, интенсивность, скорость и ускорение движения автотранспортного потока на перегонах и перекрёстках. Оригинальный и эффективный способ подобного управления предложен в диссертационной работе Сулейманова И.Ф. [4]. Это способ ограничения выбросов загрязняющих веществ от

автотранспортных потоков путём введения квот с учётом загрязнений воздушного бассейна стационарными источниками, основанный на модельных представлениях о системе «автотранспортный поток-улица промышленного города».

Основные мероприятия связаны с упорядочением автотранспортных потоков и формированием рациональной структуры автомобильного парка [4] по критерию соблюдения установленных квот либо достижения минимального значения РКИЗА (раздел 2, п. 2.4).

Основные мероприятия по упорядочению автотранспортных потоков связаны с организацией движения автомобилей на локальном и сетевом уровнях.

На локальном уровне:

- рациональное обозначение приоритета, использование кругового движения, оптимизация схем организации движения (пересечение);

- воздействие на скоростной режим, рациональное ограничение использования около тротуарных стоянок, оптимизация размещения и оборудования остановочных пунктов маршрутного пассажирского транспорта (перегон);

- оптимизация жесткого локального регулирования, выбор алгоритма адаптивного регулирования и оптимизация управляющих параметров, оптимизация смены программ регулирования (пересечение);

- оптимизация участков координированного регулирования, оптимизация программ координации (с учетом состава движения);

- внедрение схем реверсивного движения.

На сетевом уровне:

- строительство транспортных развязок в разных уровнях, подземных пешеходных переходов;

- оптимизация загрузки элементов улично-дорожной сети (выбор разрешенных направлений движения на пересечениях);

- введение ограничений на движение транспортных средств по отдельным полосам, выделение улиц для грузового движения;

- внедрение схем одностороннего движения;

- оптимизация размещения временных автомобильных стоянок и обеспечение информации о них;

- маршрутное ориентирование водителей, в том числе оптимизация пропуска транзитного движения;

- запрет движения грузовых автомобилей, мотоциклов, мопедов в ночное время по определенным маршрутам;

- совершенствование маршрутной сети пассажирского транспорта, схем движения, в том числе в критической по пропускной способности ситуации, а также в рамках автоматизированных систем управления движением (АСУД);

- рациональный выбор районов координации;

- разработка и внедрение вариантов противозаторного управления;

- оптимизация режимов местной коррекции программ координации (с учетом состава движения);

- разработка и реализация переменных схем организации дорожного движения;

- развитие структурно-алгоритмической части АСУД за счет введения элементов обратной связи по экологически значимым показателям.

К основным мероприятиям по формированию рациональной структуры автомобильного парка относится его структурирование по условию соблюдения квот на выбросы ЗВ автотранспортными потоками в период времени кратный, например, календарному году. Алгоритм формирования автомобильного парка по данному условию включает: прогноз численности, структуры парка по составу, возрасту, виду топлива в рассматриваемый период времени; обоснование исходных данных (годовых пробегов отдельных групп АТС в каждой возрастной группе, пробеговых выбросов загрязняющих веществ и расхода топлива АТС); оценку валовых выбросов ЗВ и объема топливопотребления парком; оценку квот на выбросы ЗВ парком с учётом загрязняющего фона стационарных источников; корректировку структуры парка по количеству, составу, возрасту, используемому топливу исходя из условия соблюдения квот.

В случае если соблюдение квот не достижимо, возможен другой подход к определению структуры и численности автомобильного парка. Целевой функцией здесь является индикатор качества атмосферы (РКИЗА), который привязан к конкретной площади территории. Парк считается сформированным с заданным уровнем экологической ответственности, если обеспечивается минимальное для сложившихся условий значение РКИЗА, то есть минимально возможный уровень загрязнения воздушного бассейна контролируемой территории.

К мероприятиям по формированию рациональной структуры парка относится перевод общественного транспорта и коммунальной техники на экологически чистые виды топлива. Например, перевод бензиновых АТС на природный газ позволит снизить выбросы CO в 5 раз, CH в 2,0 раза, NO₂ в 1,1 раза, а выбросы C и SO₂ сократить практически до нулевого уровня [4].

Очевидно, что значительный положительный экологический эффект возможен только при комплексной реализации рассмотренных мероприятий. Причём оценка экологической ситуации только по выбросам загрязняющих веществ не даёт полного представления, так как не учитывает влияние транспортного шума [5, 6]. Для экспериментального подтверждения данного утверждения авторами получены результаты распределения акустического поля относительно выбранного участка урбанизированной территории (перекресток проспектов Мира и Дружбы Народов) до и после организации развязки на перекрёстке в разных уровнях. Для проведения эксперимента использован вычислительный комплекс «Эколог-ШУМ», который позволяет выполнять акустическую оценку в отдельных точках и на расчётных площадках. В случае транспортного шума, как и любого другого непостоянного шума, нормируемыми параметрами являются эквивалентный и максимальный уровни звука.

При удалении от перекрёстка уровень звука снижается в 1,2 раза, но даже на границе с жилой зоной он превышает норму на 3 дБА для дневного и 13 дБА для ночного времени. При этом организация разноуровневой развязки является

фактором, способствующим повышению уровню звука на 3...5 дБА. В случае организации движения автотранспорта по такому сценарию на границе с жилой зоной будет наблюдаться превышение норм шума на 6 дБА для дневного и 16 дБА для ночного времени.

Для снижения уровня звука в жилой застройке до нормативного, необходимо предусматривать шумозащитные мероприятия. Среди таких мероприятий организация шумозащитного экрана в жилой зоне является единственным, не накладывающим ограничения на функционирование автотранспортного потока. При снижении эквивалентного уровня звука на 9...12 дБА экран является эффективным, но недостаточным средством защиты от шума, так как всё равно имеется превышение по допустимому эквивалентному уровню звука в ночное время на 4 дБА. Кроме того, необходимо учитывать также высоту экрана, которая не может быть бесконечной. В случае с высотной жилой застройкой уровень шума на верхних этажах домов всё равно будет выше нормативного. То есть для обеспечения экологической безопасности не обойтись без ограничений, которые будут связаны с организацией движения автомобилей на основе введения квот не только на выбросы загрязняющих веществ, но на шум от автотранспортных потоков.

Таким образом, для оценки уровня экологической опасности системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» необходимо учитывать не только качество атмосферного воздуха, но и акустические параметры окружающей среды. Причём факторы, лимитирующие уровень химического и физического загрязнений, имеют противоположную направленность. Это означает, что мероприятия, сокращающие выбросы загрязняющих веществ в атмосферу, в ряде случаев приводят к усилению транспортного шума. То есть организация движения автотранспорта по экологическим критериям должна в своей основе иметь комплексный подход к оценке, согласно которому целевая функция системы «Автотранспортный поток-урбанизированная территория» запишется в следующем виде:

$$\text{КИЭН}(z_1, z_2, \dots, z_m; M_1^{\text{KB}}, \dots, M_r^{\text{KB}}; M_{\text{III}}^{\text{KB}}) \rightarrow \min, \quad (4.1)$$

где КИЭН – комплексный индекс экологической нагрузки на систему «Автотранспортный поток-урбанизированная территория»;

M_i^{KB} – квота на выброс i -го ЗВ для автотранспортного потока;

$M_{ш}^{KB}$ – квота на шумовое воздействие для автотранспортного потока.

Важно, что комплексный подход предполагает использование широкой гаммы методов оценки качества окружающей среды и мониторинг не только по химическому составу атмосферы, но и других природных сред (воды, почвы), а также по акустическим, электромагнитным и другим физическим параметрам окружающей среды.

В докладе Трофименко Ю.В. на международной практической конференции «Эффективное управление транспортными системами», проходившей 24 августа 2017 г. в г. Астане [7], отмечены основные мероприятия, реализуемые на современных урбанизированных территориях для автотранспортных потоков и имеющие экологический эффект. К ним относятся:

- развитие общественного транспорта, в частности электрического общественного транспорта, включая обеспечение приоритета его движения по улично-дорожной сети по сравнению с другими видами транспорта;
- обновление автомобильного парка за счёт новых АТС высокого экологического класса и ограничения использования АТС низких экологических классов;
- оптимизация логистики грузоперевозок;
- организация парковочного пространства;
- развитие велосипедного и пешеходного движения.

В качестве высокоэффективных в докладе также представлены мероприятия, связанные с процессами подавления транспортного шума в источнике образования и на пути распространения.

Подавление шума в источнике образования включает следующие мероприятия:

- обновление автомобильного парка малолитражными АТС;
- изменение конструкции дорожного покрытия (асфальт с открытыми порами);
- регулирование скорости движения (при сохранении интенсивности);
- ограничение движения отдельных типов АТС полностью или в отдельные интервалы времени;
- усиление контроля за движением АТС с неотрегулированными двигателями по участку, чувствительному к загрязнению окружающей среды.

Изменение конструкции дорожного покрытия в данном перечне относится скорее к автомобильной дороге, а не к автотранспортному потоку, как и мероприятия, связанные с процессом подавления транспортного шума на пути распространения. Кроме того, к категории «автомобильная дорога» относится также ряд мероприятий, направленных на оздоровление атмосферного воздуха на участке урбанизированной территории. С учётом выше сказанного, следуя логике учебного пособия, описание данных мероприятий приведено в следующем пункте раздела.

4.3 Автомобильная дорога и обеспечение экологической безопасности

К подавлению шума на пути распространения относятся следующие мероприятия [7]:

- защита расстоянием (установление санитарно-защитной зоны между трассой и жилой застройкой);
- применение специального остекления в домах, расположенных в зоне сверхнормативного акустического воздействия;
- использование рельефа местности, искусственных сооружений, валов, зеленых насаждений и пр.;
- установка акустических экранов;
- прокладка трассы дороги в выемке;

- прокладка дороги в галерее, тоннеле.

В докладе Трофименко Ю.В. [7] в качестве положительного примера приводится опыт Германии по использованию комбинированных акустических экранов (рисунок 4.19).



Рисунок 4.19 – Комбинированные акустические экраны (опыт Германии)

Преимущества такого способа подавления шума по сравнению с обычными акустическими экранами следующие:

- снижение стоимости солнечной батареи, так как в качестве основы выступает шумозащитный экран;
- близкое расположение к районам нуждающимся как в электроэнергии, так и защите от шумового воздействия;
- двойное использование земельных ресурсов расположенных вдоль дороги как для защиты от шума, так и для производства электроэнергии;
- положительное восприятие населением.

В докладе отражены также современные и перспективные разработки в области биосферно-совместимых и природоподобных технологий снижения загрязнения воздуха на улично-дорожной сети (рисунок 4.20).



Рисунок 4.20 – Биосферно-совместимые и природоподобные технологии снижения загрязнения воздуха на улично-дорожной сети

Основу данных технологий составляют фотокаталитические покрытия на ограждающих автомобильную дорогу конструкциях. В комбинации с зелёными насаждениями они очищают и обеззараживают воздух, а также снижают уровень транспортного шума, в целом оздоравливая атмосферу примыкающей к автомобильной дороге территории и жилой застройки.

В работах Чекмарёвой О.В. [18] представлен способ управления пылегазовыми выбросами в атмосферу.

При обустройстве новых и реконструкции старых улиц и дорог, автомобильный транспорт следует считать в качестве основного источника выбросов примесей в атмосферный воздух. При этом должны учитываться характеристики движения автомобилей и условия рассеивания примесей в атмосферном воздухе промышленного города.

1. Проезжая часть улицы (дорога) из-за высоких концентраций примесей в атмосферном воздухе должна рассматриваться в качестве промышленной зоны (ПЗ).

2. К промышленной зоне обязательно должна прилегать санитарно-защитная зона (СЗЗ), то есть территория, на которой не должно быть жилой застройки и лечебно-профилактических учреждений.

3. За СЗЗ может располагаться линия застройки (рисунок 4.21), концентрация загрязняющих веществ за которой не должна превышать максимально разовую ПДК.

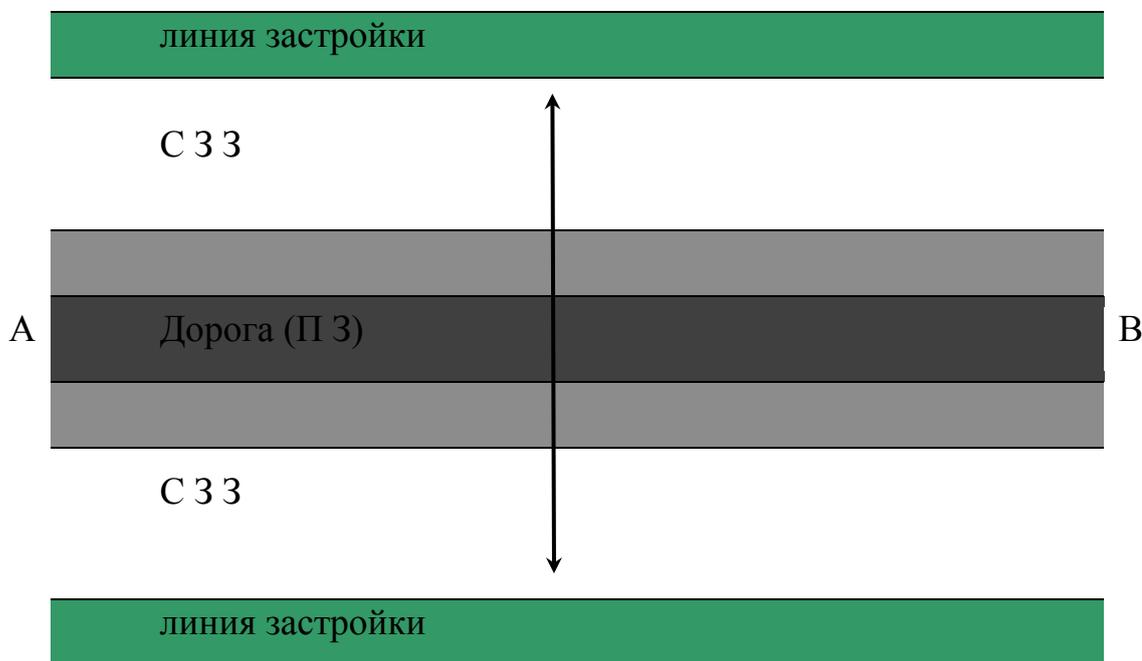


Рисунок 4.21 - Продольный профиль улицы с магистральной дорогой общегородского значения

Также при проектировании и строительстве городских дорог необходимо предусматривать систему водоотвода:

- дороги должны быть оборудованы бордюрами;
- обочина дороги и тротуар должны иметь постоянное покрытие;
- СЗЗ улицы должна быть оформлена в качестве полосы зеленых насаждений;
- если обочина дороги и тротуар не оформлены соответствующим образом, то проезжая часть дороги должна быть возвышена или находиться на уровне придорожной зоны.

Выполнение выше перечисленных требований к оформлению дорог будет способствовать снижению их пылеобразующей способности и улучшению экологической ситуации на улицах промышленного города.

4.4 Предприятия автомобильного транспорта и обеспечение экологической безопасности

Обеспечение экологической безопасности при функционировании предприятий автомобильного транспорта включает в себя организационные, технические и технологические мероприятия по развитию ресурсо-, энергосберегающих и малоотходных технологий, снижению газовоздушных выбросов и жидких сбросов, переработке и утилизации промышленных и бытовых отходов, уменьшению энергетического воздействия на окружающую среду, усовершенствованию и использованию средств защиты окружающей среды [8 – 17].

4.4.1 Защита атмосферного воздуха от выбросов загрязняющих веществ

Среди многочисленных направлений работ по снижению загрязнения воздушного бассейна важнейшими являются следующие:

- внедрение эффективных экономических и моральных методов стимулирования деятельности по охране атмосферы, включая различные поощрения и плату за выбросы и т.д.;

- сокращение выбросов от автомобильного транспорта за счет совершенствования конструкции транспортной техники, увеличения доли автомобилей, работающих на альтернативных видах топлива, улучшения экологических характеристик традиционных видов топлива, оптимизации дорожного движения и транспортной инфраструктуры городов;

- внедрение малоотходных, безотходных и экологически чистых технологических процессов и производств;

- оптимизация энергетического баланса страны (закрытие мелких и устаревших агрегатов, котельных и других установок, использование альтернативных видов топлива и источников энергии и т.д.);

- внедрение экономически оправданных процессов сжигания топлива, а также очистка от серы угля, нефти и газа, глубокой переработки угля и сланцев перед сжиганием (газификация, пиролиз);

- внедрение современных методов пылегазоочистки дымовых и других отходящих газов с высоким КПД и максимальным использованием продуктов очистки. Особое внимание следует уделить комплексной очистке отходящих газов от оксидов серы и азота, выделению и использованию углеводородов, сероводорода, соединений фтора, хлора, тяжелых металлов, обезвреживанию канцерогенных веществ;

- развитие эффективных систем контроля над загрязнением атмосферы, в том числе автоматизированных и дистанционных систем.

Ниже приведено описание основных методов и средств очистки газоздушных выбросов.

Обезвреживание выбросов предполагает либо удаление вредных примесей из инертного газа-носителя, либо превращение их в безвредные вещества. Выбросы в зависимости от состава загрязняющих веществ согласно ГОСТ 17.2.1.01-76 подразделяются по их агрегатному состоянию на четыре класса: 1 – газообразные и парообразные; 2 – жидкие; 3 – твердые; 4 – смешанные.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) используют сухие, мокрые и электрические методы (рисунок 4.22).

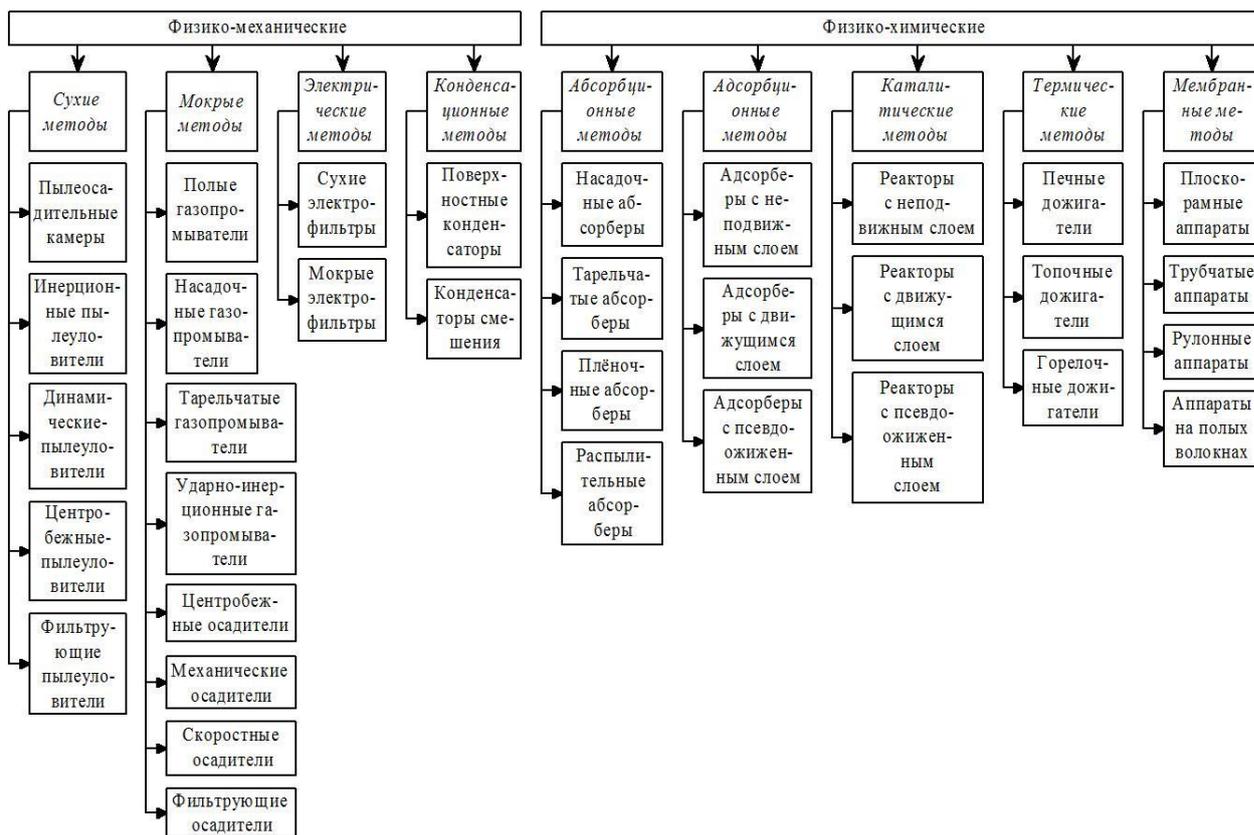
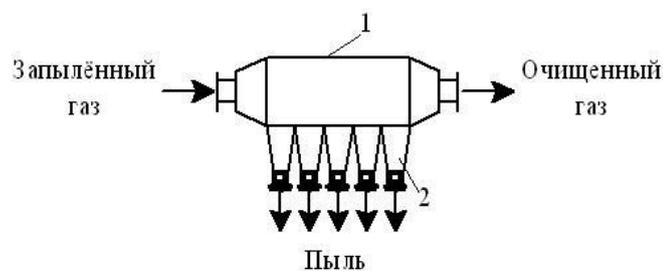


Рисунок 4.22 – Методы и оборудование для очистки газов от вредных примесей

К сухим механическим пылеуловителям относят аппараты, в которых использованы различные механизмы осаждения: гравитационный (пылеосадительные камеры), инерционный (камеры, осаждение пыли в которых происходит в результате изменения направления движения газового потока или установки на его пути препятствия) и центробежный (одиночные, групповые и батарейные циклоны, вихревые и динамические пылеуловители).

В гравитационном оборудовании отделение взвешенных частиц от газа осуществляется преимущественно под действием силы тяжести. Устройства для гравитационной очистки просты по конструкции, но пригодны главным образом для грубой предварительной очистки газов. Наиболее простыми являются пылеосадительные камеры (рисунок 4.23).



1 – корпус; 2 – бункеры

Рисунок 4.23 – Пылеосадительная камера

Они применяются в основном для предварительной очистки газов от крупной пыли (с размером частиц 100 мкм и более) и одновременно для охлаждения газа. Обычно пылеосадительные камеры встраивают в газоходы, они изготавливаются из металла, кирпича, бетона и т.д.

Достоинствами пылеосадительной камеры является то, что она имеет низкое аэродинамическое сопротивление, проста и выгодна в эксплуатации; недостатками – громоздкость, низкая степень очистки.

В промышленности более широко применяются инерционные пылеуловители. В этих аппаратах, за счет резкого изменения направления газового потока, частицы пыли по инерции ударяются об отражающую поверхность и выпадают на коническое днище пылеуловителя, откуда разгрузочным устройством непрерывно или периодически выводятся из аппарата.

Наиболее простые из пылеуловителей этого типа – пылевые коллекторы (мешки). Они также задерживают только крупные фракции пыли. При этом степень очистки составляет 50...70 % (рисунок 4.24).

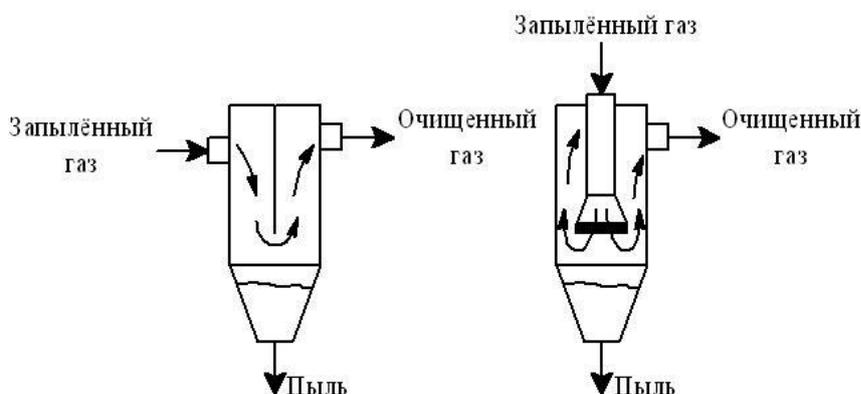
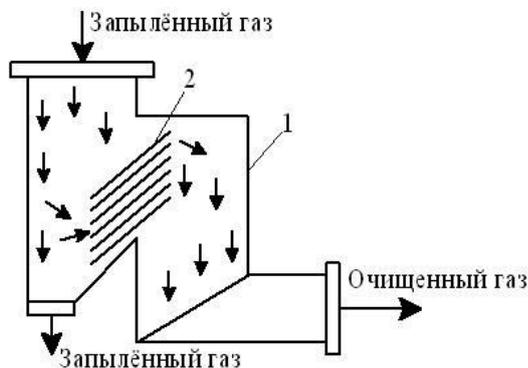


Рисунок 4.24 – Инерционные пылеуловители (пылевые коллекторы)

В более сложных жалюзийных аппаратах улавливаются частицы размером 50 мкм и более. Они предназначены для очистки больших объемов газозвудушных выбросов (рисунок 4.25).



1 – корпус; 2 – решетка

Рисунок 4.25 – Жалюзийный пылеуловитель

Жалюзи состоят из перекрывающихся друг друга рядов пластин или колец с зазорами 2...3 мм, причем всей решетке придается некоторая конусность для поддержания постоянства скорости газового потока. Газовый поток, проходя сквозь решетку со скоростью 15 м/с, резко меняет направление. Крупные частицы пыли, ударяясь о наклонные плоскости решетки, по инерции отражаясь от неё к оси конуса, осаждаются. Освобожденный от крупнодисперсной пыли газ проходит через решетку и удаляется из аппарата. Часть газового потока (в объеме 5...10 % от общего расхода газа, отсасываемого из пространства перед жалюзийной решеткой и содержащего основное количество пыли) направляется в циклон, где освобождается от пыли и, затем, присоединяется к основному потоку запыленного газа.

Степень очистки газов от пыли размером более 25 мкм составляет примерно 60 %. Основными недостатками жалюзийных пылеуловителей является сложное устройство аппарата и абразивный износ жалюзийных элементов.

Широко распространенными устройствами для пылеулавливания являются циклоны, действие которых основано на использовании центробежной силы.

Циклоны являются эффективными пылеулавливающими устройствами, степень очистки которых зависит от размера частиц и может достигать 95 % (при размере частиц более 20 мкм) и 85 % (при размере частиц более 5 мкм).

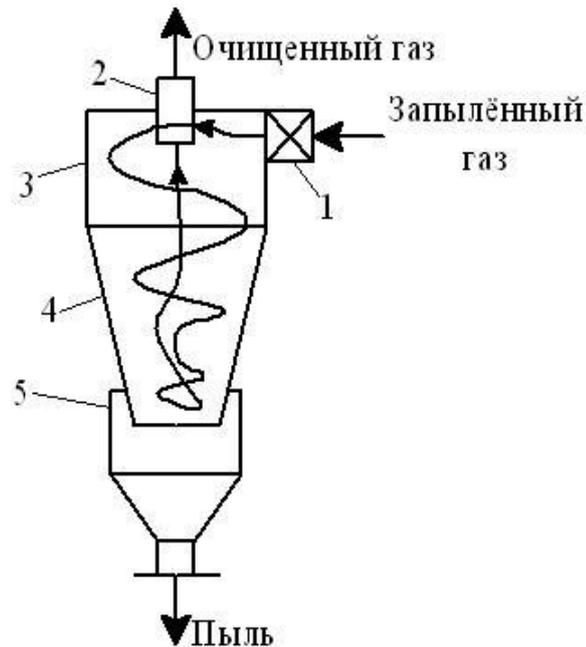
Они имеют следующие достоинства:

- 1) отсутствие движущихся частей в аппарате;
- 2) надежность работы при температурах газов вплоть до 500 °С (для работы при более высоких температурах циклоны изготавливают из специальных материалов);
- 3) возможность улавливания абразивных материалов при защите внутренних поверхностей циклонов специальными покрытиями;
- 4) улавливание пыли в сухом виде;
- 5) почти постоянное гидравлическое сопротивление аппарата;
- 6) успешная работа при высоких давлениях газов;
- 7) простота изготовления;
- 8) сохранение высокой фракционной эффективности очистки при увеличении запыленности газов.

К недостаткам циклонов всех конструкций относится сравнительно высокое аэродинамическое сопротивление (400...700 Па), значительный абразивный износ стенок аппаратов, вероятность вторичного уноса осевшей в пылесборнике пыли за счет перегрузки по газу и неплотностей. Кроме того, циклоны недостаточно эффективно улавливают полидисперсные пыли с диаметром частиц менее 10 мкм и низкой плотностью материала. Циклоны невозможно использовать для очистки газов от липких загрязнений.

Газ вращается внутри циклона, двигаясь сверху вниз. Частицы пыли отбрасываются центробежной силой к стенке, опускаются вниз и собираются в приемном бункере. Из бункера пыль периодически выгружается через затвор, называемый «мигалкой». Когда нарастающая масса столба пыли над клапаном «мигалки» достигает определенной величины, клапан под тяжестью пыли открывается, сбрасывая пыль, и возвращается под действием контргруза в исходное состояние. «Мигалка» должна быть отрегулирована так, чтобы пыль в бункере не

накапливалась выше определенного уровня, иначе воздух, движущийся в конусной части циклона, будет захватывать и уносить с собой верхний слой осевшей пыли. Очищенный воздух выбрасывается из аппарата через центральную трубу (рисунок 4.26).



1 – входной патрубок; 2 – выхлопная труба; 3 – цилиндрическая камера; 4 – коническая камера; 5 – пылеосадительная камера

Рисунок 4.26 – Циклон одинарный

Обычно в циклонах центробежное ускорение в несколько сотен, а то и тысяч раз больше ускорения силы тяжести, поэтому даже весьма маленькие частицы пыли не в состоянии следовать за газом, а под влиянием центробежной силы движутся к стенке.

Фильтрация представляет наиболее радикальное решение проблемы очистки газов от твердых примесей, обеспечивает степень очистки 99...99,9 % при умеренных капитальных и эксплуатационных затратах.

Фильтрами называются устройства, в которых запыленный воздух пропускается через пористые материалы, способные задерживать или осаждать пыль.

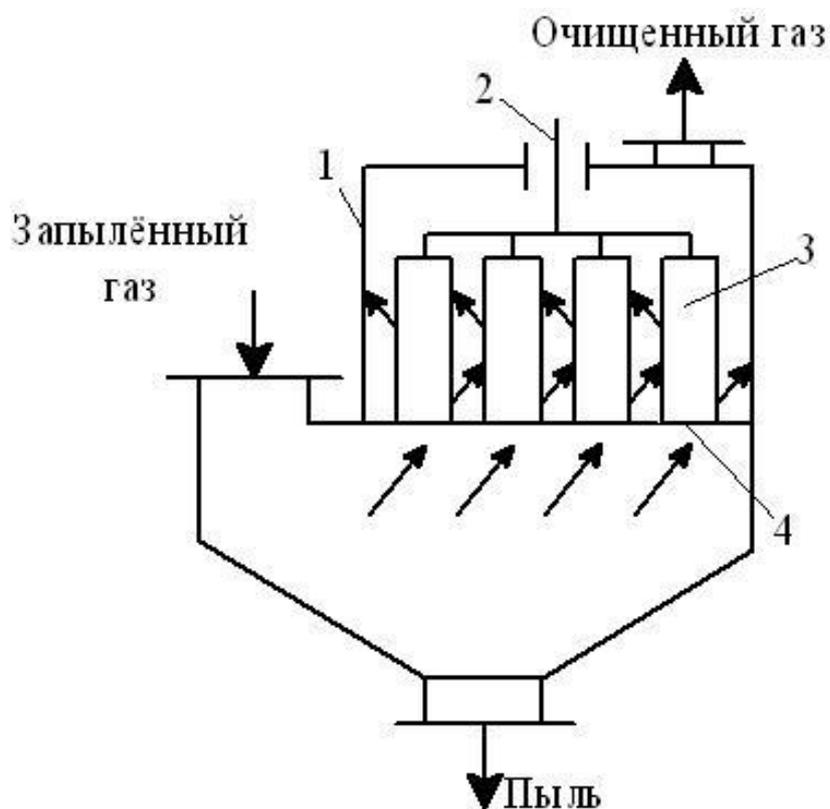
В зависимости от назначения и величины входной и выходной концентрации фильтры условно делятся на три класса:

1) фильтры тонкой очистки (высокоэффективные или абсолютные фильтры) – предназначены для улавливания с очень высокой эффективностью ($> 99\%$) в основном субмикронных частиц из промышленных газов с низкой входной концентрацией ($< 1 \text{ мг/м}^3$) и скоростью фильтрования $< 10 \text{ см/с}$; применяются для улавливания особо токсичных частиц, а также для ультратонкой очистки воздуха в некоторых технологических процессах; не подвергаются регенерации;

2) воздушные фильтры – используются в системах приточной вентиляции и кондиционирования воздуха; работают при концентрации пыли менее 50 мг/м^3 , при высокой скорости фильтрации (до $2,5 \dots 3$) м/с; могут быть нерегенерируемыми и регенерируемыми;

3) промышленные фильтры (тканевые, зернистые, грубоволокнистые) – применяются для очистки промышленных газов с концентрацией пыли до 60 г/м^3 ; регенерируются.

В промышленных условиях применяются тканевые или рукавные фильтры. Они имеют форму барабана, матерчатых мешков или карманов, работающих параллельно (рисунок 4.27).



1 – корпус; 2 – встряхивающее устройство; 3 – рукав; 4 – распределительная решетка

Рисунок 4.27 – Рукавный фильтр

Частицы пыли, оседая на фильтрующий материал, создают слой с порами, меньшими, чем у фильтрующего материала, поэтому улавливающая способность слоя пыли возрастает, но вместе с этим увеличивается и его аэростатическое сопротивление. С течением времени слой пыли уплотняется, сопротивление увеличивается, поэтому пыль приходится удалять встряхиванием фильтрующего материала, обратной продувкой струей воздуха или другими способами.

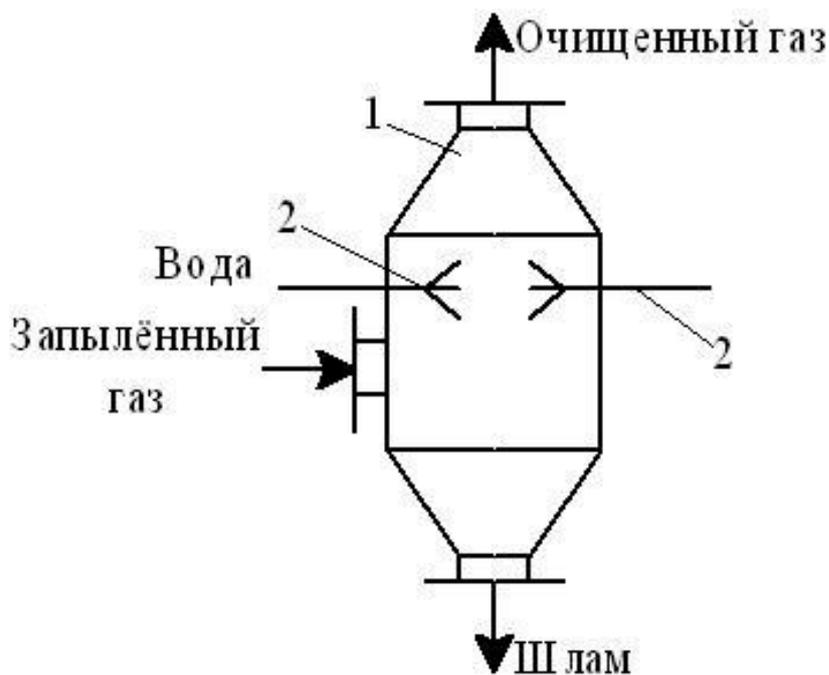
Жидкие аэрозоли (туманы) могут быть скоагулированы изменением параметров состояния (охлаждения и повышения давления) с целью осаждения с последующим использованием, как правило, мокрых способов улавливания в мокрых скрубберах, пористых и электрических фильтрах, абсорберах.

При использовании мокрых методов очистка газоздушных выбросов осуществляется путем тесного взаимодействия между жидкостью и запыленным газом на поверхности газовых пузырей, капель или жидкой пленки.

Эффективность мокрых пылеуловителей зависит в большей степени от смачиваемости пыли. При улавливании плохо смачиваемой пыли в орошающую воду вводят поверхностно активные вещества.

В результате контакта запыленного газового потока с жидкостью образуется межфазная поверхность контакта. Эта поверхность состоит из газовых пузырьков, газовых струй, жидких струй, капель, пленок жидкости. В большинстве мокрых пылеуловителей наблюдаются различные виды поверхностей, поэтому пыль улавливается в них по различным механизмам.

Наиболее распространены полые форсуночные скрубберы (рисунок 4.28).



1 – корпус; 2 – форсунки

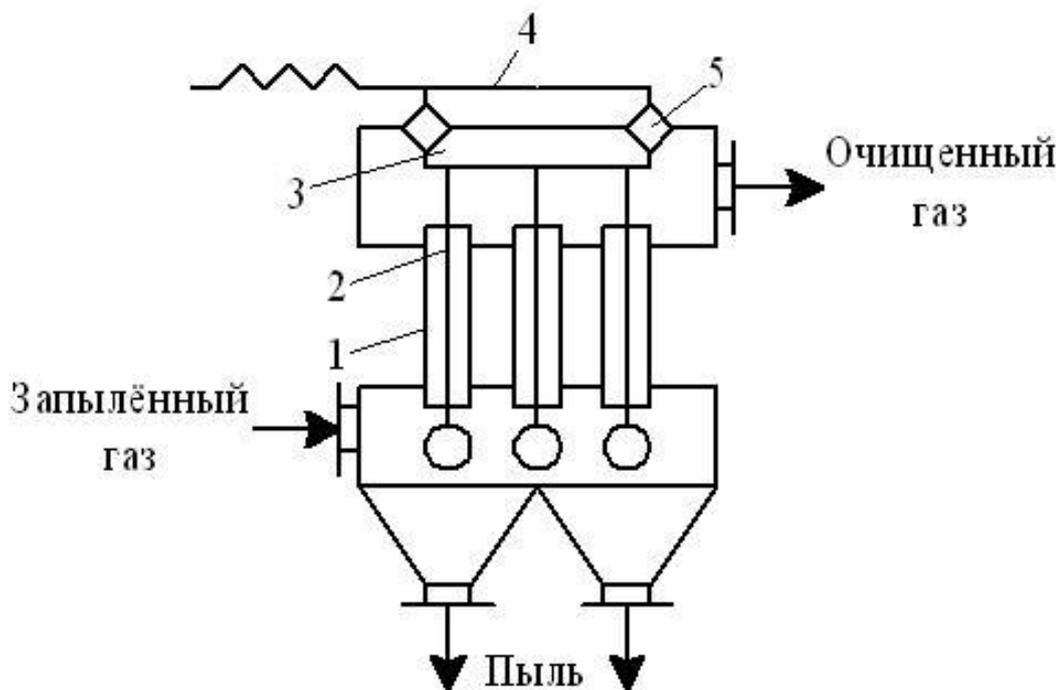
Рисунок 4.28 – Полый форсуночный скруббер

Мокрые способы очистки твердых и жидких аэрозолей имеют существенный недостаток – необходимость отделения уловленного загрязнителя от улавливающей жидкости. По этой причине мокрые способы следует применять только при

отсутствии других методов очистки, отдавая предпочтение способам с минимальным расходом жидкости.

Электрическая очистка газов основана на ионизации молекул газа электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц с последующим их движением к осадительным электродам.

В электрофильтрах очистка газов от пыли происходит под действием электрических сил. В камере электрофильтра располагаются отрицательно (коронирующие) и положительно (осадительные) заряженные электроды, к которым подводится постоянный ток высокого напряжения. Запыленный газ движется в пространстве между электродами. При этом происходит ионизация молекул газа на отрицательно и положительно заряженные ионы. Отрицательно заряженные ионы, двигаясь в запыленном газе, сообщают частицам пыли свой заряд и увлекают их к осадительным электродам, где частицы отдают свой заряд и осаждаются (рисунок 4.29).



1 – осадительный электрод; 2 – коронирующий электрод; 3 – рама; 4 – встряхивающее устройство; 5 – изолятор

Рисунок 4.29 – Трубчатый электрофильтр

Таким образом, электроочистка включает процессы образования ионов, зарядки пылевых частиц, транспортирования их к осадительным электродам, периодическое разрушение слоя накопившейся на электродах пыли и сброс ее в пылесборные бункеры.

Для обезвреживания отходящих газов от газообразных и парообразных токсичных веществ применяют следующие методы: абсорбция, адсорбция, каталитический, термический, конденсация и компримирование.

Абсорбция – это процесс поглощения газов или паров из газовых или паровых смесей жидкими поглотителями – абсорбентами. Различают физическую и химическую абсорбцию.

При физической абсорбции молекулы поглощаемого вещества (абсорбтива) не вступают с молекулами абсорбента в химическую реакцию. При этом над раствором существует определенное равновесное давление компонента. Процесс абсорбции проходит до тех пор, пока парциальное давление целевого компонента в газовой фазе выше равновесного давления над раствором.

При химической абсорбции (хемосорбции) молекулы абсорбтива вступают в химическое взаимодействие с активными компонентами абсорбента, образуя новое химическое соединение. При этом равновесное давление компонента над раствором ничтожно мало по сравнению с физической абсорбцией и возможно полное его извлечение из газовой среды.

Процесс абсорбции является избирательным и обратимым. Избирательность – это поглощение конкретного целевого компонента (абсорбтива) из смеси при помощи абсорбента определенного типа. Процесс является обратимым, так как поглощенное вещество может быть снова извлечено из абсорбента (десорбция), а абсорбтив снова может быть использован в процессе.

Применяемые абсорбенты должны хорошо растворять извлекаемый газ, иметь минимальное давление паров, чтобы возможно меньше загрязнять очищаемый газ парами поглотителя, быть дешевым, не вызывать коррозию аппаратуры.

Для очистки газов от диоксида углерода в качестве абсорбентов используются вода, растворы этаноламинов, метанол.

Очистка от сероводорода осуществляется растворами этаноламинов, водными растворами Na_2CO_3 , K_2CO_3 , NH_3 (с последующим окислением поглощенного H_2S кислородом воздуха с получением элементарной серы).

Для удаления оксида углерода его абсорбируют медно-аммиачными растворами.

Адсорбция – основана на избирательном извлечении примесей из газа при помощи адсорбентов – твердых веществ с развитой поверхностью.

Целевой поглощаемый компонент, находящийся в очищаемом газе, называют адсорбтивом, этот же компонент в адсорбированном состоянии, т.е. поглощенное вещество в адсорбенте, – адсорбатом.

По характеру взаимодействия адсорбата с поверхностью различают физическую и химическую адсорбцию.

В качестве адсорбентов применяют в основном активные угли, силикагели, синтетические и природные цеолиты.

Активные угли представляют собой зернистые или порошкообразные углеродные адсорбенты, изготовленные по специальной технологии из каменного угля, торфа, полимеров, косточек кокосовых орехов, древесины и другого сырья. Для очистки газоздушных выбросов используют газовые и рекуперационные угли.

Газовые угли применяют для улавливания относительно плохо сорбирующихся веществ с небольшой концентрацией. Если же концентрация целевого компонента в газовом потоке значительна, то в этом случае необходимо использовать рекуперационные угли.

Силикагели являются минеральными адсорбентами с регулярной структурой пор (средний радиус пор $0,8 \cdot 10^{-9} \dots 10^{-8}$ м). Они производятся двух типов: кусковые (зерна неправильной формы) и гранулированные (зерна сферической или овальной формы). Силикагели представляют собой твердые стекловидные или матовые зерна размером $0,2 \dots 7,0$ мм, насыпной плотностью $400 \dots 900$ кг/м³. Силикагели

используют в основном для осушки воздуха, газов и поглощения паров полярных веществ, например метанола.

Близкими по свойствам к силикагелям являются алюмогели (активный оксид алюминия), которые выпускаются промышленностью в виде гранул цилиндрической формы (диаметром 2,5...5,0 мм и высотой 3,0...7,0 мм) и в виде шариков (со средним диаметром 3...4 мм). Алюмогели стойки к воздействию капельной влаги. Используется, как и силикагель, для осушки газов и поглощения из них ряда полярных органических веществ.

Цеолиты (молекулярные сита) – это синтетические алюмосиликатные кристаллические вещества, обладающие большой поглотительной способностью и высокой избирательностью даже при весьма низком содержании определенного вещества (адсорбтива) в газе.

Универсальным адсорбентом, удовлетворительно работающим во влажных средах, является активированный уголь. Он удовлетворяет и большинству других требований, в связи с чем широко применяется. Одним из основных недостатков активированного угля является химическая нестойкость к кислороду, особенно при повышенных температурах.

В рекуперационной технике наряду с другими методами для улавливания паров летучих растворителей используют методы конденсации и компримирования.

В основе метода конденсации лежит явление уменьшения давления насыщенного пара растворителя при понижении температуры. Смесь паров растворителя с воздухом предварительно охлаждают в теплообменнике, а затем конденсируют. Достоинствами метода являются простота аппаратного оформления и эксплуатации рекуперационной установки. Однако проведение процесса очистки паровоздушных смесей методом конденсации сильно осложнено, поскольку содержание паров летучих растворителей в этих смесях обычно превышает нижний предел их воспламенения. К недостаткам метода относятся также высокие расходы холодильного агента, электроэнергии и низкий процент конденсации паров (выход) растворителей (обычно не превышает 70...90 %). Метод конденсации является рентабельным лишь при содержании паров растворителя в

подвергаемом очистке потоке $>100 \text{ г/м}^3$, что существенно ограничивает область применения установок конденсационного типа.

Метод компримирования базируется на том же явлении, что и метод конденсации, но применительно к парам растворителей, находящимся под избыточным давлением. Однако метод компримирования более сложен в аппаратном оформлении, так как в схеме улавливания паров растворителей необходим компримирующий агрегат. Кроме того, он сохраняет все недостатки, присущие методу конденсации, и не обеспечивает возможность улавливания паров летучих растворителей при их низких концентрациях.

Термические методы (методы прямого сжигания) применяют для обезвреживания газов от легкоокисляемых токсичных, а также дурнопахнущих примесей. Методы основаны на сжигании горючих примесей в топках печей или факельных горелках. Преимуществом метода является простота аппаратуры, универсальность использования. Недостатки метода заключаются в дополнительном расходе топлива при сжигании низкоконцентрированных газов, а также необходимость дополнительной абсорбционной или адсорбционной очистки газов после сжигания.

Следует отметить, что сложный химический состав выбросов и высокие концентрации токсичных компонентов заранее определяют многоступенчатые схемы очистки, представляющие собой комбинацию разных методов.

Однако существующие системы локальной очистки промышленных газовых выбросов часто не обеспечивают снижения концентрации загрязнителей до ПДК и требуется рассеивание газов через высокие трубы. В этом случае представляется целесообразным организация замкнутых газооборотных систем, использующих технологические и вентиляционные газы в замкнутом цикле.

4.4.2 Методы и средства очистки сточных вод

При создании замкнутых систем водоснабжения и сбросе в водоемы промышленных и бытовых сточных вод, они подвергаются очистки до необходимого качества механическими, химическими, физико-химическими, биологическими и термическими методами (рисунок 4.30).

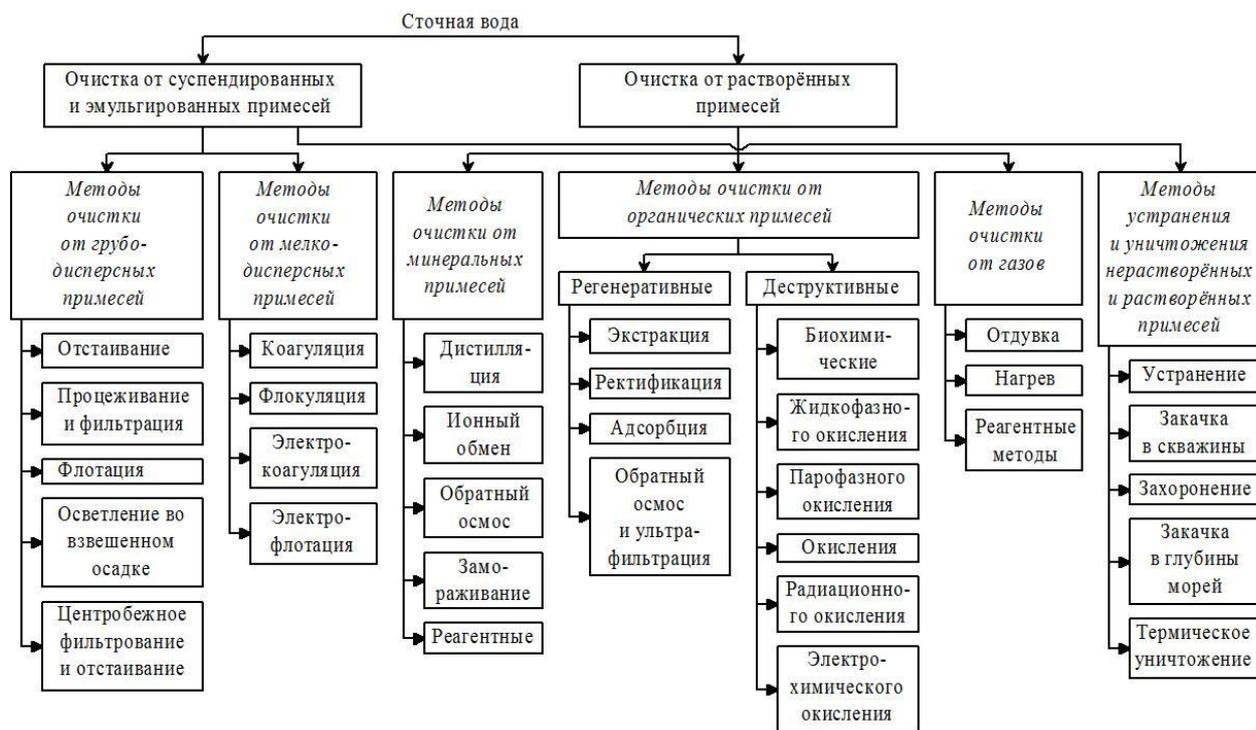


Рисунок 4.30 – Классификация методов очистки сточных вод

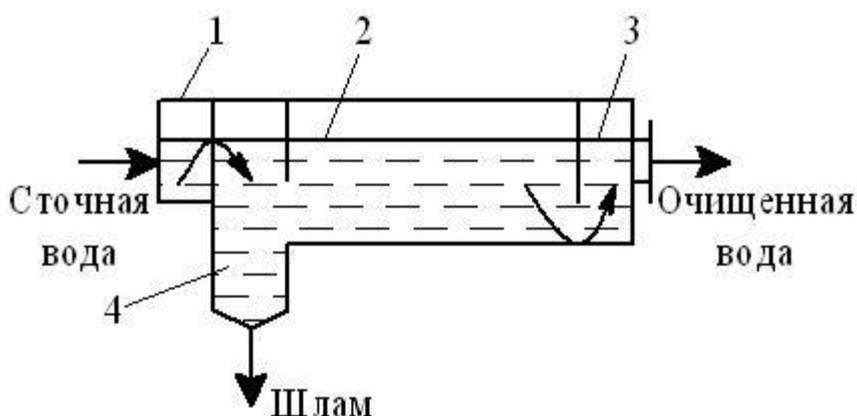
Метод очистки выбирают с учетом санитарных и технологических требований к качеству очищенных вод, количества сточных вод, наличия необходимых энергетических и материальных ресурсов, эффективности процесса обезвреживания.

Для удаления взвешенных частиц из сточных вод используют гидромеханические процессы:

- процеживание сточной жидкости на решетках и сетках для выделения крупных примесей и посторонних предметов;
- улавливание в песколовках тяжелых примесей, проходящих через решетки и сетки;
- отстаивание воды для удаления нерастворяющихся, тонущих и плавающих органических и неорганических примесей, не задерживаемых решетками и песколовками;
- удаление твердых взвешенных частиц в гидроциклонах;
- фильтрование через различные фильтры для улавливания тонкодисперсных взвесей.

Отстаивание применяют для осаждения из сточных вод грубодисперсных примесей. Осаждение происходит под действием силы тяжести. Для проведения процесса используют песколовки, отстойники и осветлители. В осветлителях одновременно с отстаиванием происходит фильтрация сточных вод через слой взвешенных частиц.

Горизонтальные отстойники представляют собой прямоугольные резервуары, имеющие два и более одновременно работающих отделения. Вода движется с одного конца отстойника к другому (рисунок 4.31).



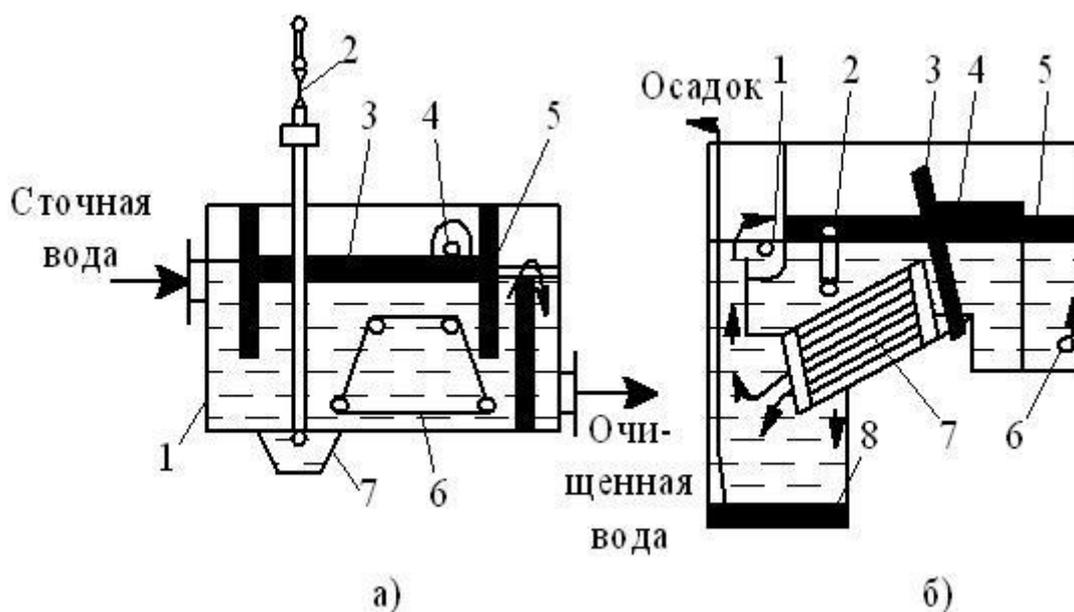
1 – входной лоток; 2 – отстойная камера; 3 – выходной лоток; 4 – приемок

Рисунок 4.31 – Отстойник горизонтальный

Глубина отстойников равна 1,5...4 м, длина 8...12 м, а ширина коридора 3...6 м. Равномерное распределение сточной воды достигается при помощи поперечного лотка. Горизонтальные отстойники рекомендуется применять при расходах сточных вод свыше 15000 м³/сут. Эффективность отстаивания достигает 60 %. Продолжительность отстаивания – 1...3 ч.

Процесс отстаивания используют и для очистки производственных сточных вод от нефти, масел, смол, жиров и др. Очистка от всплывающих примесей аналогична осаждению твердых частиц. Различие заключается в том, что плотность всплывающих частиц меньше, чем плотность воды. Для улавливания частичек нефти используют нефтеловушки. Для улавливания жиров применяют жироловушки.

Всплывание нефти на поверхность воды происходит в отстойной камере. При помощи скребкового транспорта нефть подают к нефтесборным трубам, через которые она удаляется. Скорость движения воды в нефтеловушке изменяется в пределах 0,005...0,01 м/с. Для частичек нефти диаметром 80...100 мкм скорость всплывания равна 1...4 мм/с. При этом всплывает 96...98% нефти. Горизонтальные нефтеловушки имеют не менее двух секций. Ширина секций – 2...3 м, глубина отстаиваемого слоя воды – 1,2...1,5 м; продолжительность отстаивания не менее 2 ч (рисунок 4.32).



а – горизонтальная: 1 – корпус; 2 – гидроэлеватор; 3 – слой нефти; 4 – нефтесборная труба; 5 – нефтеудерживающая перегородка; 6 – скребковый транспортер;

б – тонкослойная: 1 – вывод очищенной воды; 2 – нефтесборная труба; 3 – перегородка; 4 – плавающий пенопласт; 5 – слой нефти; 6 – ввод сточной воды; 7 – секция из гофрированных пластин; 8 – осадок

Рисунок 4.32 – Нефтеловушки

К физико-химическим методам очистки сточных вод относятся коагуляция, флотация, адсорбция, ионный обмен, экстракция, ректификация, выпаривание, дистилляция (испарение), гиперфильтрация (обратный осмос), ультрафильтрация, кристаллизация, а также методы, связанные с наложением электрического поля –

электрокоагуляция, электрофлотация, электролиз и др. Эти методы используют для удаления из сточных вод тонкодисперсных взвешенных твердых и жидких частиц, растворимых газов, минеральных и органических веществ.

Коагуляция – это процесс слипания частиц коллоидной системы в результате их взаимодействия под действием молекулярных сил сцепления при перемешивании или направленном перемещении во внешнем силовом поле. В результате коагуляции образуются агрегаты – более крупные (вторичные) частицы, состоящие из скопления мелких (первичных) частиц. Слипание однородных частиц называется гомокоагуляцией, а разнородных – гетерокоагуляцией. При очистке сточных вод коагуляцию применяют для ускорения процесса осаждения тонкодисперсных примесей и эмульгированных веществ. Она наиболее эффективна для удаления из воды коллоидно-дисперсных частиц, т.е. частиц размером 1...100 мкм. Коагуляция может происходить самопроизвольно или под влиянием химических и физических процессов. В процессе очистки сточных вод коагуляция происходит под влиянием добавляемых к ним специальных веществ – коагулянтов.

Флокуляция – один из видов коагуляции, при которой мелкие частицы, находящиеся во взвешенном состоянии, под влиянием специально добавляемых веществ (флокулянтов) образуют интенсивно оседающие рыхлые хлопьевидные скопления. В отличие от коагуляции при флокуляции агрегация происходит не только при непосредственном контакте частиц, но и в результате взаимодействия молекул адсорбированного на частицах флокулянта.

Флотация – процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела газа и жидкости, обусловленный избытком свободной энергии поверхностных пограничных слоев, а также поверхностными явлениями смачивания. Флотацию применяют для удаления из сточных вод нерастворимых коллоидно-дисперсных примесей, которые самопроизвольно плохо отстаиваются (метод пенной флотации), а также для удаления растворенных веществ (метод пенной сепарации). Ее используют также для выделения активного ила после биохимической очистки. Флотация может быть использована вместе с флокуляцией.

Адсорбционный метод применяют для глубокой очистки сточных вод от растворенных органических веществ после биохимической очистки, а также в локальных установках, если концентрация этих веществ в воде невелика, и они биологически не разлагаются или являются сильнотоксичными. Адсорбцию используют для обезвреживания сточных вод от фенолов, гербицидов, пестицидов, ароматических нитросоединений, ПАВ, красителей. Достоинство метода – высокая эффективность, возможность очистки сточных вод, содержащих несколько веществ, а также рекуперации этих веществ.

Ионообменная очистка применяется для извлечения и утилизации из сточных вод тяжелых металлов (цинка, меди, хрома, никеля, свинца, ртути, кадмия, ванадия, марганца), а также соединений мышьяка, фосфора, цианистых соединений и радиоактивных веществ. Метод позволяет очищать сточную воду до предельно допустимых концентраций с последующим её использованием в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения. Гетерогенный ионный обмен или ионообменная сорбция – процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы – ионита. Иониты практически не растворимы в воде. Те из них, которые способны поглощать из растворов электролитов положительные ионы, являются катионитами, отрицательные ионы – анионитами. Катиониты обладают кислотными свойствами, а аниониты – основными свойствами. Если иониты обменивают и катионы, и анионы, их называют амфотерными. Иониты подразделяются на природные и искусственные или синтетические. По своей природе они бывают неорганические (минеральные) и органические. Ведущая роль принадлежит синтетическим органическим ионитам – ионообменным смолам с развитой поверхностью, представляющим собой высокомолекулярные соединения, углеводородные радикалы которых образуют пространственную сетку с фиксированными на ней ионообменными функциональными группами. Пространственная углеводородная сетка (каркас) называется матрицей, а обменивающиеся ионы – противоионами. Каждый противоион соединен с противоположно заряженными ионами, называемыми фиксированными или анкерными ионами. При сокращенном написании ионита

матрицу обозначают в общем виде (R), а активную группу указывают полностью. Например, сульфокатиониты записывают как RSO_3H . Здесь R – матрица, H – противоион, SO_3 – анкерный ион. Сильноосновные иониты содержат четвертичные аммониевые основания (R_3NOH).

Жидкостную экстракцию применяют при относительно высоком содержании в сточных водах растворенных органических веществ, представляющих техническую ценность (фенолы, органические кислоты, масла).

Экстракционный метод очистки производственных сточных вод основан на растворении находящегося в сточной воде загрязнителя органическими растворителями – экстрагентами, т.е. на распределении загрязняющего вещества в смеси двух взаимонерастворимых жидкостей соответственно его растворимости в них. Очистка сточных вод экстракцией состоит из трех стадий:

- 1) смешение сточной воды с экстрагентом – при этом образуются две жидкие фазы: экстракт, содержащий извлекаемое вещество и экстрагент, и рафинат, содержащий сточную воду и экстрагент;
- 2) разделение экстракта и рафината;
- 3) регенерация экстрагента из экстракта и рафината.

Мембранный метод очистки сточных вод основан на свойствах пористых тел пропускать одни вещества и не пропускать другие. Способы мембранного разделения, используемые в технологии очистки воды, условно делятся на диализ, электродиализ, микрофильтрацию, ультрафильтрацию, обратный осмос. В соответствии с видом переноса вещества мембранные методы можно разделить на диффузионные, электрические и гидродинамические.

В технологии очистки сточных вод от растворенных и тонкодиспергированных примесей чаще всего используют процессы обратного осмоса, ультрафильтрации и электродиализа. Обратный осмос применяют для обессоливания воды в системах водоподготовки, в системах локальной обработки сточных вод при небольших их расходах для концентрирования и выделения относительно ценных компонентов и для очистки природных и сточных вод. В

основе этих способов лежит явление осмоса – самопроизвольного перехода растворителя (воды) в раствор через полупроницаемую мембрану (рисунок 4.33).

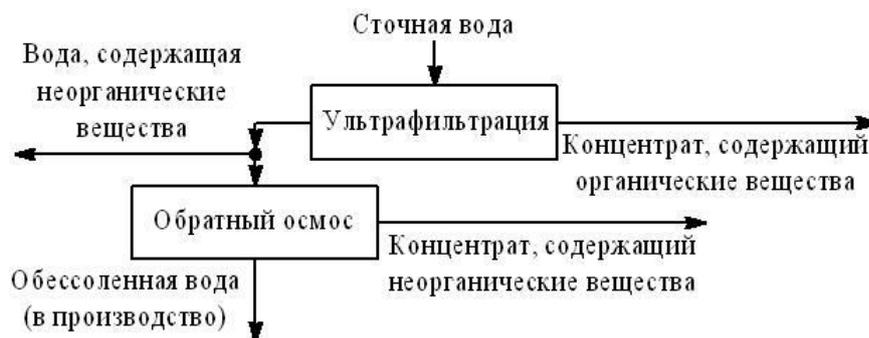
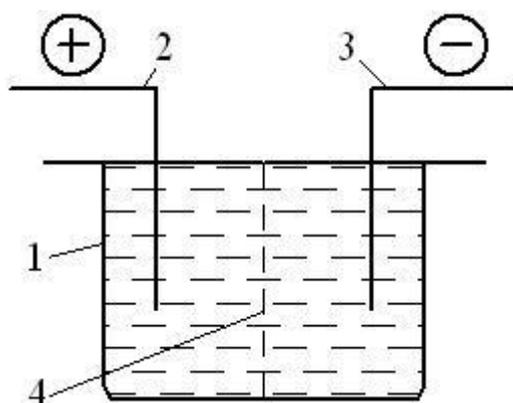


Рисунок 4.33 – Схема разделения органических и неорганических веществ

Для очистки сточных вод от различных растворимых и диспергированных примесей применяют процессы анодного окисления и катодного восстановления, электрокоагуляции, электрофлокуляции и электродиализа. Все эти процессы протекают на электродах при прохождении через сточную воду постоянного электрического тока (рисунок 4.34).



1 – корпус; 2 – анод; 3 – катод; 4 – диафрагма

Рисунок 4.34 – Схема электролизера

Электрохимические методы позволяют извлекать из сточных вод ценные продукты при относительно простой технологической схеме очистки без использования химических реагентов. Основной недостаток этих методов – большой расход электроэнергии. Очистку сточных вод электрохимическими методами можно проводить периодически или непрерывно. При прохождении

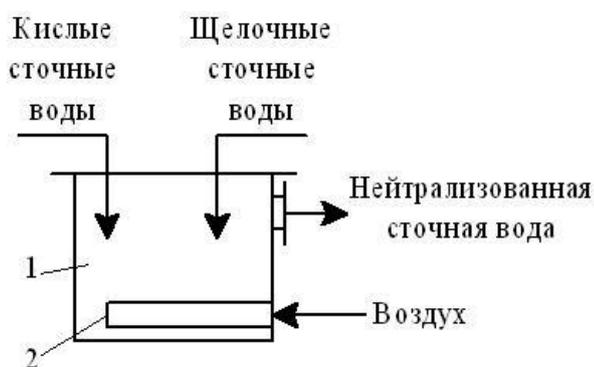
сточной воды через межэлектродное пространство электролизера происходит электролиз воды, поляризация частиц, электрофорез, окислительно-восстановительные процессы, взаимодействие продуктов электролиза друг с другом.

К химическим методам очистки сточных вод относят нейтрализацию, окисление и восстановление. Они применяются для удаления растворимых веществ и в замкнутых системах водоснабжения. Химическая очистка проводится иногда как предварительная перед биологической очисткой или после нее как метод доочистки сточных вод.

Сточные воды, содержащие минеральные кислоты или щелочи, перед сбросом их в водоемы или перед использованием в технологических процессах нейтрализуются. Практически нейтральными считаются воды, имеющие $pH = 6,5 \dots 8,5$.

Нейтрализация проводится путем смешивания кислых и щелочных сточных вод, добавления реагентов, фильтрования кислых вод через нейтрализующие материалы, абсорбции кислых газов щелочными водами или абсорбции аммиака кислыми водами.

Нейтрализация смешиванием применяется, если на одном предприятии или на соседних предприятиях имеются кислые и щелочные воды, не загрязненные другими компонентами. Кислые и щелочные воды смешиваются в емкости с мешалкой и без мешалки (рисунок 4.35). В последнем случае перемешивание ведётся воздухом при его скорости в линии подачи $20 \dots 40$ м/с.



1 – емкость; 2 – распределитель воздуха

Рисунок 4.35 – Нейтрализатор смешения

При переменной концентрации сточных вод в схеме предусматривают установку усреднителя или обеспечивают автоматическое регулирование подачи в камеру смешивания. При избытке кислых или щелочных сточных вод добавляют соответствующие реагенты. Нейтрализованную воду используют в производстве, а осадок обезвоживают на шламовых площадках или вакуум-фильтрах.

Для очистки сточных вод используют окисление и восстановление.

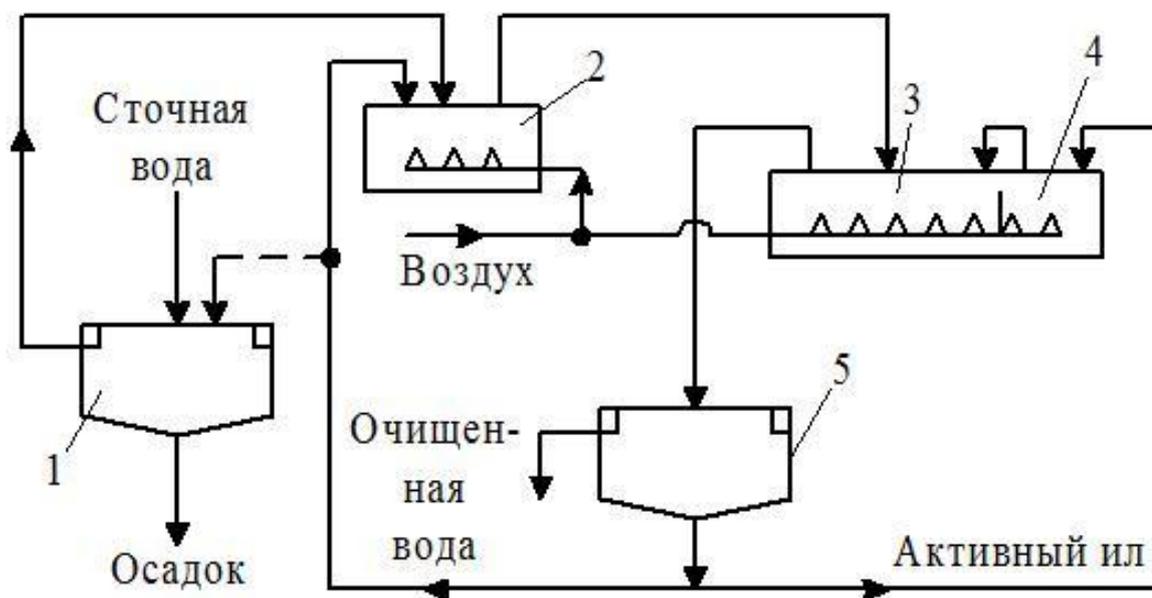
В качестве окислителей используются газообразный и сжиженный хлор, диоксид хлора, хлорат кальция, гипохлориты кальция и натрия, перманганат калия, бихромат калия, пероксид водорода, кислород воздуха, пероксосерные кислоты, озон, пиролюзит и др. В процессе окисления токсичные загрязнения, содержащиеся в сточных водах, в результате химических реакций переходят в менее токсичные, которые удаляются из воды. Очистка окислителями связана с большим расходом реагентов, поэтому ее применяют только в тех случаях, когда вещества, загрязняющие сточные воды, нецелесообразно или нельзя извлечь другими способами, например, очистка от цианидов, растворенных соединений мышьяка и др.

Методы восстановительной очистки сточных вод применяют в тех случаях, когда они содержат легко восстанавливаемые вещества. Эти методы широко используют для удаления из сточных вод соединений ртути, хрома, мышьяка.

Биохимический метод применяют для очистки хозяйственно-бытовых и промышленных сточных вод от многих растворенных органических и некоторых неорганических (сероводорода, сульфидов, аммиака, нитритов и др.) веществ. Процесс очистки основан на способности микроорганизмов использовать некоторые вещества для питания в процессе жизнедеятельности. Органические вещества для микроорганизмов являются источником углерода. Контактная с органическими веществами, микроорганизмы частично разрушают их, превращая в воду, диоксид углерода, нитрит- и сульфат-ионы и др. Другая часть вещества идет на образование биомассы. Разрушение органических веществ называют биохимическим окислением.

Известны аэробные и анаэробные методы биохимической очистки сточных вод. Аэробный метод основан на использовании аэробных групп организмов, для жизнедеятельности которых необходим постоянный приток кислорода и температура 20...40 °С. При изменении кислородного и температурного режима состав и число микроорганизмов меняются. При аэробной очистке микроорганизмы культивируются в активном иле или биопленке. Анаэробные методы очистки протекают без доступа кислорода; их используют, главным образом, для обезвреживания осадков.

Аэробные процессы биохимической очистки могут протекать в природных условиях и в искусственных сооружениях. В естественных условиях очистка происходит на полях орошения, полях фильтрации и биологических прудах. Искусственными сооружениями являются аэротенки (рисунок 4.36) и биофильтры разной конструкции.



1 – первичный отстойник; 2 – предаэратор; 3 – аэротенк; 4 – регенератор;
5 – вторичный отстойник

Рисунок 4.36 – Схема установки для биологической очистки

Термическими методами обезвреживаются сточные воды, содержащие минеральные соли кальция, магния, натрия и др., а также органические вещества. Такие сточные воды могут быть обезврежены: концентрированием сточных вод с последующим выделением растворенных веществ; окислением органических веществ в присутствии катализатора; жидкофазным окислением органических веществ; огневым обезвреживанием.

Концентрирование сточных вод в основном используется для обезвреживания минеральных сточных вод. Он позволяет выделять из стоков соли с получением условно чистой воды, пригодной для оборотного водоснабжения. Процесс разделения минеральных веществ и воды может быть проведен в две стадии: стадия концентрирования и стадия выделения сухих веществ.

Концентрирование сточных вод может быть проведено выпариванием (испарением), вымораживанием и кристаллизацией.

Рекомендуемые методы обезвреживания сточных вод представлены в таблице 4.1.

Таблица 4.1 – Рекомендуемые методы обезвреживания сточных вод

Концентрация загрязняющих веществ, мг/л	Методы очистки сточных вод, содержащих вещества			Преимущественно неорганические
	Преимущественно органические с температурой кипения, °С			
	< 120	120...250	>250	
1...500	Биологический, химический, сорбционный		Химический, сорбционный	Механический, химический, сорбционный
500...5000	Химический (озонирование, хлорирование), сорбционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжиганием в печах	Химический, сорбционный, экстракционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжиганием в печах	Сорбционный, жидкофазное окисление биологической доочисткой, сжигание в печах	с Механический, сорбционный, выпаривание
5000...30000	Химический, экстракционный, жидкофазное окисление с биологической доочисткой, сжигание в печах			Механический, выпаривание, сброс в море, захоронение в земле, сушка в кипящем слое

> 30000	Экстракционный, жидкофазное окисление с различными методами доочистки, сжигание в печах	То же
---------	---	-------

4.4.3 Переработка и утилизация твердых промышленных отходов

Многообразие видов твердых отходов, значительное различие состава одноименных отходов усложняет задачи их утилизации. В то же время различные технологии рекуперации твердых отходов в своей основе базируются на методах, совокупность которых обеспечивает возможность утилизации вторичных материальных ресурсов или их переработки в целевые продукты.

Для переработки твердых отходов применяются такие процессы, как дробление и измельчение, классификация и сортировка, обогащение в тяжелых средах, отсадка, магнитная и электрическая сепарация, сушка и грануляция, термохимический обжиг, экстракция и др. (рисунок 4.37).



Рисунок 4.37 – Классификация методов переработки твердых отходов

Для тех промышленных отходов, утилизация которых не связана с необходимостью проведения фазовых превращений или воздействия химических реагентов, но которые не могут быть использованы непосредственно, применяют два вида механической обработки: измельчение и компактирование (прессование).

Измельчением называется процесс многократного разрушения твердого тела под действием внешних нагрузок, превышающих силы молекулярного притяжения в измельчаемом теле.

В зависимости от крупности исходного и измельченного твердого материала различают процессы дробления и помола. Под дроблением понимается процесс уменьшения крупности, в результате которого максимальный размер куса в

измельченном материале равен или более 5 мм. Под помолом понимается процесс уменьшения крупности, в результате которого максимальный размер зерна в измельченном материале менее 5 мм. Эти процессы в зависимости от размера кусков исходного материала и конечной крупности получаемого материала условно разделены на несколько классов (таблице 4.2).

Таблица 4.2 – Классы измельчения

Класс	Размер кусков, мм		Класс	Размер кусков, мм	
	до измельчения	после измельчения		до измельчения	после измельчения
Дробление			Помол		
крупное	> 500	100...300	крупный	20... 100	1...4
среднее	100...500	20...100	средний	5...50	0,1...1
мелкое	50...100	4...20	тонкий	1...10	0,01...0,1
			сверхтонкий	0,1...1	0,01

Для разделения кусковых и сыпучих материалов на фракции применяют различные способы: просеивание или грохочение; разделение под действием гравитационно-инерционных сил; разделение под действием гравитационно-центробежных сил.

Грохочение представляет собой процесс разделения на классы по крупности различных по размерам кусков (зерен) материала при его перемещении на ячеистых поверхностях. Разделение на фракции осуществляется путем использования различных конструкций сит, решеток и грохотов (рисунок 4.38).

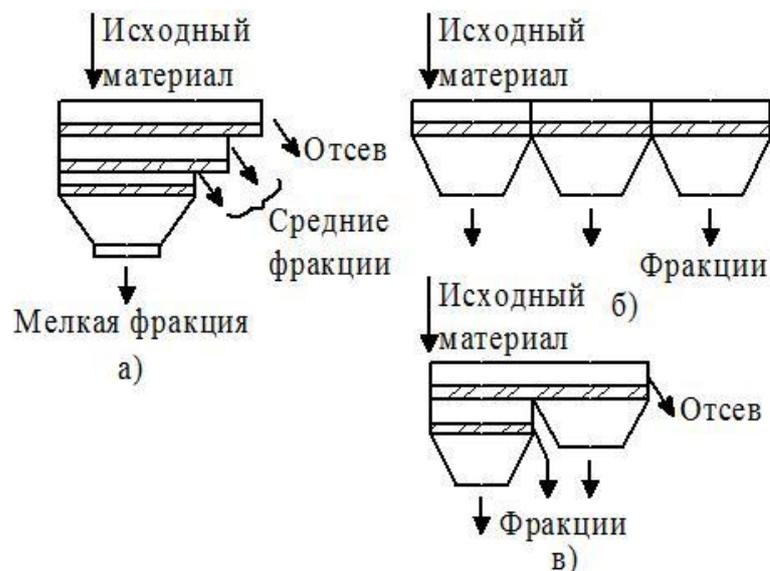


Рисунок 4.38 – Схемы выделения материалов различных классов при грохочении: а – от крупного к мелкому; б – от мелкого к крупному; в – комбинированным способом

Грохочение обычно применяют для разделения продуктов крупностью 1 мм и более, хотя есть случаи его использования для выделения более тонких классов (до 0,06 мм). Оно малоприспособно для тонких (измельченных) материалов, так как они агрегируют (комкуются), снижая коэффициент эффективности грохота, легко распыливаются. Эти материалы разделяют по крупности в воздушной (воздушная сепарация) или в водной (гидравлическая классификация) средах с использованием соответствующих аппаратов.

Многие процессы утилизации твердых отходов основаны на извлечении компонентов из отходов путем использования процессов растворения, экстрагирования (выщелачивания) и кристаллизации перерабатываемых материалов.

Растворение – массообменный процесс перехода вещества в раствор с поверхности частиц. Этот процесс широко используется в практике переработки многих твердых отходов. Обычно растворение проводится с целью разделения систем, состоящих из растворимых и инертных частиц.

При физическом растворении исходное твердое вещество может быть вновь получено кристаллизацией из раствора.

Химическое растворение представляет собой гетерогенную химическую реакцию, продукты которой растворяются в жидком объеме. Возврат к исходному твердому веществу путем кристаллизации здесь невозможен.

В практике рекуперации твердых отходов промышленности (особенно минеральных, содержащих черные и цветные металлы, фрагментов деталей вышедшей из строя радиоэлектронной аппаратуры и других изделий на основе металлов и сплавов, некоторых топливных зол, смесей пластмасс, шлаков цветной металлургии и ряда других ВМР) используют различные методы обогащения перерабатываемых материалов, подразделяемые на гравитационные, магнитные, электрические, флотационные и специальные.

В результате обогащения твердых отходов получают несколько продуктов: концентраты, хвосты и промежуточные продукты.

Гравитационные методы обогащения основаны на различии в скорости падения в жидкой (воздушной) среде частиц различного размера и плотности. Они объединяют обогащение осадкой, в тяжелых суспензиях, в перемещающихся по наклонным поверхностям потоках, а также промывку.

Магнитное обогащение используют для отделения парамагнитных (слабомагнитных) и ферромагнитных (сильномагнитных) компонентов (веществ с удельной магнитной восприимчивостью свыше 10^{-7} м³/кг) смесей твердых материалов от их диамагнитных (немагнитных) составляющих. Сильномагнитными свойствами обладают магнетит (FeO·Fe₂O₃), маггелит (Fe₂O₃), пирротин (Fe_{n-1}Sn), ферросилиций. Ряд оксидов, гидроксидов и карбонатов железа, марганца, хрома и редких металлов относится к материалам со слабомагнитными свойствами. Слабомагнитные материалы обогащают в сильных магнитных полях (напряженностью H около 800...1600 кА/м), сильномагнитные – в слабых полях (H = 70...160 кА/м). Магнитные поля промышленных сепараторов бывают в основном постоянными или переменными, комбинированные магнитные поля применяют реже.

Подлежащие магнитной сепарации материалы, как правило, подвергают предварительной обработке (дробление, измельчение, грохочение,

обесшламливание, магнетизирующий обжиг и др.). Обычно магнитное обогащение материалов крупностью 3...50 мм проводят сухим способом, материалов мельче 3 мм – мокрым.

Электростатическая сепарация основана на различии электропроводности и способности к электризации трением минеральных частиц разделяемой смеси. По электропроводности все минеральные частицы делятся на проводники, полупроводники и диэлектрики. При контакте частиц обогащаемого материала с поверхностью заряженного металлического электрода им сообщается одноименный с ним заряд, величина которого зависит от электропроводности частиц. Электропроводные частицы интенсивно приобретают значительный заряд и отталкиваются от электрода, частицы диэлектриков сохраняют свои траектории. Таким образом, происходит их разделение.

При небольшой разнице в электропроводности частиц используют электризацию трением (путем интенсивного перемешивания или транспортирования по поверхности вибrolотка). Наэлектризованные частицы направляют в электрическое поле, где происходит их сепарация.

В практике переработки отдельных видов твердых отходов (некоторых шламов, металлургических шлаков, рудных и нерудных компонентов отвалов и т.п.) находит применение метод их обогащения флотацией. Крупность флотируемых материалов обычно не превышает 0,5 мм. Процесс флотации протекает по следующей схеме. Тонкоизмельченные твердые отходы в виде пульпы с небольшим количеством специальных реагентов насыщают воздухом.

При этом поверхность смачиваемых частиц покрывается водой, а на поверхности несмачиваемых частиц закрепляется пузырек воздуха, вытесняющий воду. Прилипшие к пузырькам воздуха частицы поднимаются (флотируются) на поверхность и образуют пенный продукт, а смачиваемые частицы остаются в пульпе и поступают на дальнейшую переработку или в отвал (хвосты). Флотация материала пузырьками воздуха называется пенной флотацией. Однако флотацию можно осуществлять не только пузырьками воздуха, но и капельками масла (масляная флотация) и пленками несмачивающих жидкостей (пленочная флотация).

Выщелачивание (экстрагирование) широко используется в практике переработки отвалов горнодобывающей промышленности, некоторых металлургических и топливных шлаков, пиритных огарков, древесных материалов. Метод основан на извлечении одного или нескольких компонентов из комплексного твердого материала путем его (их) избирательного растворения в жидкости – экстрагенте.

В зависимости от характера физико-химических процессов, протекающих при выщелачивании, различают простое растворение, когда целевой компонент извлекается в раствор в составе присутствующего в исходном материале соединения, и выщелачивание с химической реакцией, когда целевой компонент, находящийся в исходном материале в составе малорастворимого соединения, переходит в хорошо растворимую форму.

Методы термической переработки твердых отходов основаны на гетерогенных процессах в системе твердое тело – газ, твердое тело – жидкость – газ и многофазных, осуществляемых при повышенных и высоких температурах.

При утилизации и переработке твердых отходов используют различные способы термохимической обработки исходных твердых материалов и полученных продуктов. Это различные приемы пиролиза, переплава, обжига и огневого обезвреживания (сжигания) многих видов твердых отходов на органической основе.

Пиролиз представляет собой процесс разложения органических соединений под действием высоких температур без доступа воздуха, сопровождаемый глубокими деструктивными химическими превращениями компонентов отходов. Пиролиз одного и того же вида сырья может проводиться при различных температурах. Химические превращения при пиролизе – это в основном расщепление крупных молекул и вторичное превращение продуктов расщепления – полимеризация, конденсация, dealкилирование, ароматизация и др.

Газификация – термохимический высокотемпературный процесс взаимодействия органической массы или продуктов ее термической переработки с газифицирующими агентами, в результате чего органическая часть или продукты ее термической переработки обращаются в горючие газы путем частичного окисления.

В качестве газифицирующих агентов применяют воздух, кислород, водяной пар, диоксид углерода, а также их смеси. В зависимости от состава отходов, природы окислителя, температуры и давления газы, полученные в результате газификации, различны по составу.

Скорость газификации зависит от свойств твердых отходов, размера их частиц, температуры, газифицирующего реагента. Чем меньше размеры частиц отходов, тем выше скорость газификации, так как при этом увеличивается поверхность контакта отходов с окислителем.

Укрупнение мелкодисперсных частиц вторичных материальных ресурсов имеет как самостоятельное, так и вспомогательное значение и объединяет различные приемы гранулирования, таблетирования, брикетирования и высокотемпературной агломерации. Их используют при переработке в строительные материалы ряда компонентов отвальных пород добычи полезных ископаемых, хвостов обогащения углей и золы, в процессах утилизации фосфогипса, при подготовке к переплаву мелкокусковых и дисперсных отходов черных и цветных металлов, в процессах утилизации пластмасс, сажи, пылей и древесной мелочи, при обработке шлаковых расплавов в металлургических производствах и в других процессах переработки вторичных материальных ресурсов. Различают высокотемпературные (агломерация, обжиг окатышей) и низкотемпературные (без обжига) методы окускования.

Агломерация состоит в том, что мелкие зерна шихты нагревают до температуры, при которой они размягчаются и частично плавятся. При этом зерна слипаются, последующее быстрое охлаждение приводит к их кристаллизации и образованию пористого, но довольно прочного кускового продукта, пригодного для металлургического передела.

Обжиг окатышей проводят при окусковании железорудных мелкодисперсных концентратов с размером частиц менее 100 мкм. Материалы такой крупности хорошо окомковываются, особенно при введении в шихту 0,5...2,0 % пластичной связующей добавки – бентонита (особого сорта высококачественной глины). С

целью получения офлюсованных окатышей в шихту вводят также необходимое количество известняка.

Высокотемпературная агломерация используется при переработке пыли, окалины, шламов в металлургических производствах, пиритных огарков и других дисперсных железосодержащих отходов. Для проведения агломерации на основе таких вторичных материальных ресурсов (ВМР) готовят шихту, включающую твердое топливо (коксовая мелочь 6...7 % по массе) и другие компоненты (концентрат, руда, флюсы). Усредненную и увлажненную до 6...8 % шихту размещают в виде слоя определенной высоты, обеспечивающей оптимальную газопроницаемость на слое возвратного агломерата крупностью 12... 18 мм, расположенные на решетках движущихся обжиговых тележек агломерационной машины, что предотвращает спекание шихты с материалом тележек и прогар решеток. Воспламенение и нагрев шихты обеспечивается просасыванием через ее слой продуктов сжигания газообразного или жидкого топлива и воздуха. Процесс спекания минеральных компонентов шихты идет при горении ее твердого топлива от 1100 °С до 1600 °С.

Гранулирование – большая группа процессов формирования агрегатов шарообразной или (реже) цилиндрической формы из порошков, паст, расплавов или растворов перерабатываемых материалов. Эти процессы основаны на различных приемах обработки материалов.

Брикетирование находит широкое применение в практике утилизации твердых отходов в качестве подготовительных (с целью придания отходам компактности, обеспечивающей лучшие условия транспортирования, хранения, а часто и саму возможность переработки) и самостоятельных (изготовление товарных продуктов) операций.

Отходы, не подлежащие использованию и переработке, направляются на захоронение. Обезвреживание и захоронение токсичных отходов проводится на специальных полигонах.

Полигон размещается в обособленных, свободных от застройки, хорошо проветриваемых местах, которые допускают осуществление мероприятий и

инженерных решений, исключая загрязнение окружающей среды, населённых пунктов, зон отдыха трудящихся и источников питьевого водоснабжения. Полигоны являются природоохранными сооружениями и предназначены для централизованного сбора, обезвреживания и захоронения токсичных отходов промышленных предприятий, научно-исследовательских организаций и учреждений и т. д., т. е. от всех источников их образования (рисунок 4.39).

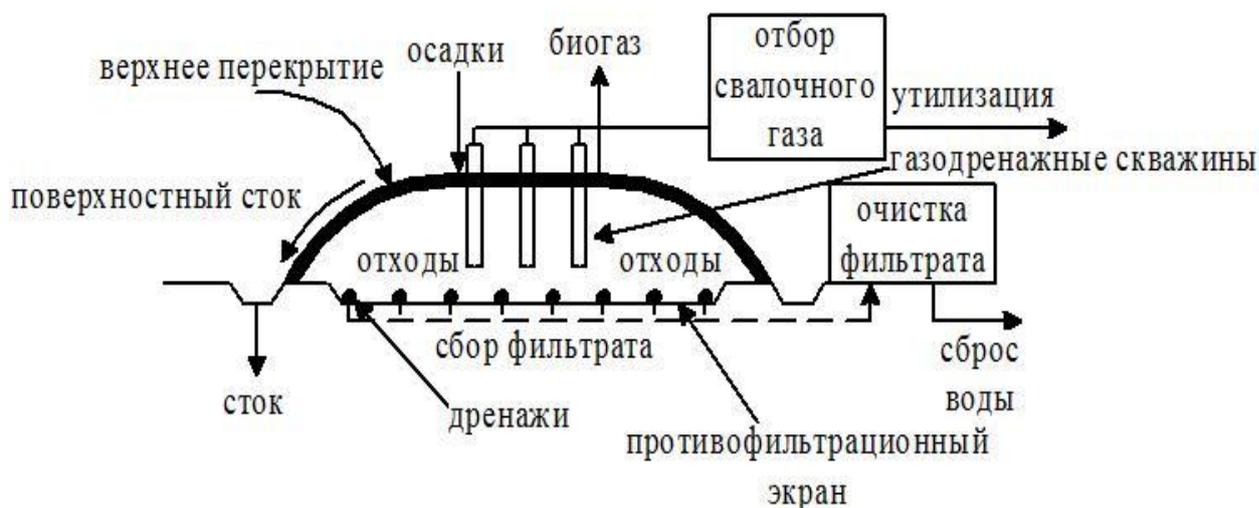


Рисунок 4.39 – Принципиальная схема устройства полигона для санитарного захоронения твёрдых отходов

Приему на полигон подлежат только токсичные отходы I, II, III и, при необходимости, IV классов опасности, перечни которых в каждом конкретном случае согласовываются с органами и учреждениями санитарно-эпидемиологической и коммунальной служб, заказчиком и разработчиком проекта полигона.

Не подлежат приёму на полигон отходы следующих видов:

- отходы, для которых разработаны эффективные методы извлечения металлов или других веществ (отсутствие методов утилизации и переработки отходов в каждом конкретном случае должно быть подтверждено соответствующими министерствами или ведомствами);

- радиоактивные отходы;
- нефтепродукты, подлежащие регенерации.

Наиболее распространёнными методами обезвреживания токсичных отходов в настоящее время являются:

- для отходов органического происхождения – сжигание при высоких температурах;
- для неорганических отходов – физико-химическая обработка в несколько стадий, которая приводит к образованию безвредных, в большинстве случаев нейтральных и не растворимых в воде соединений.

Основной тенденцией в сфере управления отходами в развитых странах является их минимизация (waste minimization) путём:

- предотвращения или уменьшения образования отходов;
- улучшения качества образующихся отходов, включая уменьшение количества токсичных веществ в них;
- повторного использования, рецикла и восстановления или извлечения полезных компонентов из них.

В большинстве стран соблюдается следующий приоритетный ряд в обращении с отходами:

- предотвращение образования отходов имеет приоритет перед повторным их использованием;
- повторное использование или рецикл в том же процессе предпочтительнее внешнего использования;
- использование отходов предпочтительнее использования их энергии, получаемой, например, путём сжигания;
- во всех странах повторное использование или восстановление (извлечение) имеет безусловный приоритет перед складированием или захоронением;
- в ряде стран сжигание отходов относится к категории «минимизация», только в случае использования энергии.

4.5 Контрольные вопросы к разделу 4

- 1 Дайте толкование термину «обеспечение экологической безопасности объектов автотранспортного комплекса».
- 2 Назовите основные конструктивные и эксплуатационные факторы, влияющие на состав отработавших газов ДВС.
- 3 Как влияет тип организации и совершенство рабочего процесса на состав ОГ?
- 4 Как влияют условия эксплуатации на состав ОГ?
- 5 Как влияет техническое состояние ДВС на состав ОГ?
- 6 Перечислите системы ДВС, обеспечивающие экологическую безопасность автомобиля.
- 7 Опишите назначение и принцип работы системы вентиляции картера ДВС.
- 8 Охарактеризуйте назначение и принцип работы системы рециркуляции отработавших газов ДВС.
- 9 Опишите назначение и принцип работы системы улавливания паров бензина.
- 10 Какие устройства входят в систему нейтрализации и очистки отработавших газов?
- 11 Охарактеризуйте назначение и принцип работы трёхкомпонентного нейтрализатора.
- 12 Опишите назначение, приведите разновидности и охарактеризуйте принцип работы сажевого фильтра.
- 13 Охарактеризуйте назначение и принцип работы системы избирательной (селективной) каталитической нейтрализации.
- 14 Дайте характеристику пассивным и активным способам снижения шума ДВС. Приведите примеры.
- 15 Назовите мероприятия по обеспечению экологической безопасности автотранспортных потоков.

16 Проведите ранжирование мероприятий по организации движения автомобилей по экологической эффективности.

17 Почему организация движения автотранспорта по экологическим критериям должна в своей основе иметь комплексный подход?

18 Отметьте основные мероприятия, реализуемые на современных урбанизированных территориях для автотранспортных потоков и имеющие экологический эффект.

19 Какие мероприятия относятся к обеспечению экологической безопасности автомобильной дороги?

20 Приведите примеры биосферно-совместимых и природоподобных технологий обеспечения экологической безопасности автомобильных дорог.

21 Назовите основные направления работ по снижению загрязнений воздушного бассейна.

22 Назовите способы очистки газопылевых выбросов, относящиеся к группе физико-механических методов.

23 Пользуясь схемами, объясните принцип работы технологического оборудования, реализующего способы очистки газопылевых выбросов физико-механической природы.

24 Назовите способы очистки газопылевых выбросов, относящихся к группе физико-химических методов.

25 Пользуясь схемами, объясните принцип работы технологического оборудования, реализующего способы очистки газопылевых выбросов физико-химической природы.

26 Перечислите методы, применяемые для очистки производственных сточных вод.

27 Какие методы применяются для очистки производственных сточных вод от суспендированных и эмульгированных примесей?

28 Какие методы применяются для очистки производственных сточных вод от растворённых примесей?

29 Пользуясь схемами, дайте характеристику средствам очистки производственных сточных вод.

30 Назовите условия применения различных методов обеззараживания производственных сточных вод?

31 Назовите и охарактеризуйте основные методы переработки твёрдых отходов. Какие из них считаются наиболее перспективными?

32 Назовите условия приёма отходов на полигоны для захоронения.

33 Как должен быть устроен полигон для санитарного захоронения твёрдых отходов?

34 Назовите основные принципы, регулирующие отношения в сфере обращения с отходами.

4.6 Список использованных источников к разделу 4

1 Луканин, В.Н. Промышленно-транспортная экология: Учеб. для вузов / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко; под ред. В.Н. Луканина. – М.: Высш. шк., 2003. – 273 с.: ил.

2 Системы современного автомобиля / Суслинников Александр, 2009-2017 [Электронный ресурс] – Режим доступа: <http://systemsauto.ru/> - 06.11.2017.

3 Шатров, М.Г. Шум автомобильных двигателей внутреннего сгорания: учеб. Пособие / М.Г. Шатров, А.Л. Яковенко, Т.Ю. Кричевская. – М.: МАДИ, 2014. – 68 с.

4 Сулейманов, И.Ф. Организация движения автомобилей на основе экологического мониторинга воздушного бассейна: автореф. дисс. ... канд. техн. наук / И.Ф. Сулейманов: защищена 05.07.2016; утв. 25.01.2017. Оренбург: ОГУ, 2016. - 16 с.

5 Сулейманов, И.Ф. / И.Ф. Сулейманов, Е.В. Бондаренко, А.А. Филиппов, А.М. Федотов Особенности организации движения автомобилей по экологическим критериям // Вестник Иркутского государственного технического университета. - 2017. - Т. 21. - № 6. С. 149–158.

6 Филиппов, А. А. Теоретические основы комплексного подхода к оценке экологической опасности автотранспорта на участке урбанизированной территории / А.А. Филиппов, И.Ф. Сулейманов, М.А. Арсланов // Интеллект. Инновации. Инвестиции, 2019. - № 1. - С. 97-103. . - 7 с.

7 Трофименко, Ю.В. Экология в транспортной отрасли – современные возможности развития / Международная практическая конференция «Эффективное управление транспортными системами» 24 августа 2017 г., павильон Samsung, EXPO 2017, Астана / Режим доступа: <https://www.traffic-ing.ru/astana-expo-2017> – 02.02.2018.

8 Основы промышленной экологии [Текст]: учеб. пособие / А.А. Челноков, Л.Ф. Ющенко М.: Высш. шк., 2001. – 343 с.

9 Зайцев В.А. Промышленная экология [Текст] / В.А. Зайцев, Н.А. Крылова М.: РХТУ, 2002.-175 с.

10 Калыгин В.Г. Промышленная экология [Текст] / В.Г. Калыгин М: МНЭПУ, 2000.- 40 с.

11 Дежкин В.В. Промышленная экология [Текст] / В.В. Дежкин М.: МНЭПУ, 2000 - 96 с.

12 Луканин В.Н. Промышленно-транспортная экология [Текст] / В.Н. Луканин, Ю.В. Трофименко М.: Высш. шк., 2001. - 273 с.

13 Хван Т.А. Промышленная экология [Текст] / Т.А. Хван – Ростов н/Д: Феникс, 2003. – 320 с.

14 Голицын А.Н. Основы промышленной экологии [Текст] / А.Н. Голицын. М.: ИРПО, 2002. – 240 с.

15 Гридэл Т.Е. Промышленная экология [Текст]: учеб. пособие для вузов: пер. с англ. под ред. проф. Э.В. Гирусова; Т.Е. Гридэл , Б.Р. Алленби М.: ЮНИТИ – Ветошкин А.Г. Теоретические основы защиты окружающей среды [Текст] / А.Г. Ветошкин М.: Высш. шк., 2008. - 397 с.

16 Картошкин А.П. Концепция сбора и переработки отработанных смазочных масел // Химия и технология топлив и масел. – 2003. - №4. – С.3 – 5.

17 Родионов А.И. Технологические процессы экологической безопасности [Текст] / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер - Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2000. - 800 с.

18 Чекмарева, О.В. Оценка и управление пылегазовыми выбросами от автомобильного транспорта в атмосферу промышленного города (на примере города Оренбурга) [Текст] : автореф. дис. канд. техн. наук: 25.00.36 / О. В. Чекмарева. - Оренбург : ОГУ, 2002. - 17 с.

Заключение

Очевидно, что экологические проблемы автомобильного транспорта на сегодняшний день являются одними из самых острых и масштабных проблем современности, которые при отсутствии адекватного ответа могут привести к катастрофическим последствиям. Они не только не потеряют своей актуальности в обозримом будущем, но и потребуют для своего решения большей мобилизации интеллектуальных, материальных, трудовых и других ресурсов. Поэтому эффективная деятельность современного специалиста автомобильного транспорта предполагает учёт экологических последствий принимаемых им решений.

В формировании такого профессионального подхода центральная роль принадлежит образованию, благодаря которому складывается экологически-ориентированное мировоззрение, а также приобретаются необходимые знания, умения и навыки. В этой связи важным становится переработка учебно-методического материала и добавление в него экологических аспектов функционирования автотранспортного комплекса. В рамках реализации этого направления было написано данное учебное пособие.

Изучив материалы учебного пособия, обучающийся:

1) будет знать:

- процессы воздействия автотранспортного комплекса на окружающую среду;
- экологические нормативы и требования к объектам автотранспортного комплекса;
- методы оценки, мониторинга и обеспечения экологической безопасности автотранспортного комплекса.

2) будет уметь:

- анализировать причины, прогнозировать последствия и масштабы негативного воздействия автотранспортного комплекса на окружающую среду;
- регламентировать функционирование автотранспортного комплекса с позиции обеспечения экологической безопасности;

- формировать комплекс мероприятий по обеспечению экологической безопасности на основе эффективных методов экологической оценки и мониторинга автотранспортного комплекса;

3) будет владеть:

- комплексным представлением об обеспечении экологической безопасности автомобильного транспорта;

- методологией оценки экологических параметров автотранспортных средств, автотранспортных потоков, автомобильных дорог и предприятий автомобильного транспорта;

- методами и средствами защиты окружающей среды от негативного воздействия автотранспортного комплекса.

Данное учебное пособие содержит материалы методического характера, необходимые при выполнении курсовых, выпускных квалификационных и проектных работ, расчётно-графических заданий и контрольных работ и соответствует программам дисциплин «Экологическая безопасность автомобильного транспорта», «Обеспечение экологической безопасности транспортных процессов», «Нормативы по защите окружающей среды», «Защита окружающей среды в транспортно-дорожном комплексе», «Экологический мониторинг», «Теоретические основы экологической безопасности», «Оценка воздействия на окружающую среду». Учебное пособие актуально для руководящих работников, менеджеров, инженеров-экологов и инженеров-механиков, преподавателей, занятых в производственном и образовательном процессах в сфере автомобильного транспорта.