

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«Кузбасский государственный технический университет
имени Т. Ф. Горбачева»

Кафедра химической технологии твердого топлива

ЭКОЛОГИЯ

Методические указания
к практическим занятиям и самостоятельной работе
для студентов специальности СПО
23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей

Составители Е. С. Ушакова
Е. В. Васильева
А. Г. Ушаков

Утверждены на заседании кафедры
Протокол №4 от 20.11.2018
Рекомендованы к изданию
цикловой методической комиссией
общепрофессиональных дисциплин
Протокол №4 от 30.11.2018

Электронная версия находится
в библиотеке КузГТУ

Кемерово 2018

СОДЕРЖАНИЕ

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА	2
1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ	3
Практическая работа № 1. Определение (расчет) предельно- допустимого выброса вредных веществ в атмосферу и рассеивания этих выбросов в приземном слое	3
Практическая работа № 2. Расчет загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом	12
Практическая работа № 3. Определение (расчет) допусти- мости сброса сточных вод промышленного пред- приятия в водоем	34
Критерии оценки практических заданий	55
2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬ- НОЙ РАБОТЕ	56
Темы для самостоятельного изучения	56
Критерии оценки самостоятельной работы	57
СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ	58

ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

Методические указания разработаны в рабочей программы по дисциплине «Экология».

К практическому занятию студенты должны подготовиться самостоятельно, изучая конспект лекции и рекомендованную литературу. На занятии студенты должны иметь при себе линейку, карандаш, калькулятор, тетрадь для практических работ и самостоятельных работ.

Отчеты по практическим работам аккуратно оформляются в письменном виде и должны включать в себя следующие пункты:

- название практической работы и ее цель;
- порядок выполнения работы;
- индивидуальное задание;
- решение;
- вывод.

При подготовке к защите практической работы, необходимо ответить на предложенные контрольные вопросы.

Самостоятельная работа студентов представляет собой теоретические задания, вошедшие в программу по дисциплине «Экология», выполняется в виде конспекта по предлагаемой тематике. Выполнение заданий по самостоятельной работе является обязательным, производится в отдельных тетрадях, которые проверяются как отчетный материал студента.

1. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К ПРАКТИЧЕСКИМ ЗАНЯТИЯМ

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

Нормирование содержания загрязняющих веществ в воздушной среде рабочей зоны

Цель: ознакомление студентов с процессом нормирования вредных веществ в рабочей зоне.

Продолжительность работы: 90 мин.

Краткий теоретический материал:

В первую очередь необходимо установить место, где произошел несчастный случай. Если он возник вне территории автотранспортного предприятия (АТП), следует установить, выполнял ли пострадавший трудовые обязанности или задание администрации, или руководителя работ. Далее необходимо тщательно осмотреть место происшествия, опросить пострадавших и очевидцев, записать их ответы или взять письменные объяснения обстоятельств несчастного случая очевидцев и административно-технического персонала АТП, ознакомиться с документами и, если возникает необходимость, провести технические расчеты, лабораторные исследования, испытания, сфотографировать место несчастного случая, изготовить эскизы, схемы и т. п.

Порядок выполнения работы:

1. Ознакомиться с методикой, со справочной нормативно-технической документацией и принципами нормирования содержания загрязняющих веществ в воздухе рабочей зоны и в воздухе населенных мест.

2. Заполнить формы таблицы 1.1 (образец) данными по варианту: вещества и фактическое их содержание в воздушной среде (из табл. 1.2).

3. Дополнить таблицу нормируемыми значениями или предельно-допустимыми концентрациями (ПДК) загрязняющих веществ для рабочей зоны, среднесуточной и максимально разовой,

класс опасности веществ и особенности их воздействия (табл. 1.3).

4. Провести анализ, сопоставив фактические концентрации загрязняющих веществ с ПДК рабочей зоны, среднесуточной и максимально разовой и сделать вывод о соответствии нормам каждого из веществ в графах, то есть $C_{\text{факт}} < \text{ПДК}$ или $C_{\text{факт}} = \text{ПДК}$ – соответствует нормам, $C_{\text{факт}} > \text{ПДК}$ – не соответствует нормам (см. образец расчета).

5. Выявить вещества, обладающие однонаправленным действием или суммацией (из справочной информации). Если выявятся несколько групп веществ с эффектами суммации, то использовать цифровую индексацию 1, 2, 3.

Определить эффект суммации по группам (по формуле 1.1), указанной в приложении. Дать решение по суммации о соответствии нормам (сумма отношений фактических концентраций к ПДК рабочей зоны меньше 1 – соответствует норме, больше 1 – не соответствует норме).

Таблица 1.1

Исходные данные и результаты расчетов

Вещества	Концентрация загрязняющего вещества, мг/м ³				Соответствие нормам каждого из веществ в отдельности			Класс опасности	Особенности воздействия*
	фак-ти-чес-кая	предельно-допустимая концентрация (ПДК)			в воздухе рабочей зоны	в воздухе населен-ных мест			
		в воз-духе рабо-чей зоны	в воздухе населенных мест			среднесу-точная >30 мин	максим. разовая <30 мин		
			сред-несу-точная	макс. разо-вая					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Оксись уг-лерода	5,0	20	3,0	5,0	< ПДК – соот-ветствует норме	> ПДК – не соот-ветствует норме	= ПДК– соот-ветст-вует норме	4	0

*Особенности воздействия (приведены в таблице 1.2).

*Особенности воздействия (приведены в таблице 1.2).

Таблица 1.2

Исходные данные для расчета

Вариант	Наименование вещества	Фактическая концентрация, мг/м ³	Вариант	Наименование вещества	Фактическая концентрация, мг/м ³
1	2	3	1	2	3
01	Фенол Азот окислы Углерода окись Вольфрам Полипропилен Ацетон	0,001 0,1 105 5 5 0,5	02	Аммиак Ацетон Бензол Озон Дихлорэтан Фенол	0,01 150 0,05 0,001 5 0,5
03	Акролеин Дихлоротан Хлор Углерода окись Сернистый ангидрид	0,01 4 0,02 10 0,03	04	Озон Метиловый спирт Ксилол Азот двуокись Формальдегид	0,01 0,2 0,5 0,5 0,01
05	Акролеин Дихлорэтан Озон Углерода окись Формальдегид	0,01 5 0,01 15 0,02	06	Азот двуокись Аммиак Хрома окись Сернистый ангидрид Ртуть	0,04 0,5 0,2 0,5 0,001
07	Этиловый спирт Углерода окись Озон Серная кислота Соляная кислота	150 15 0,01 0,05 5	08	Аммиак Азот двуокись Вольфрамовый ангидрид Хрома окись Озон	0,5 1 5 0,2 0,001
09	Азот двуокись Озон Углерода окись Дихлорэтан Сода кальцинированная Ртуть	5 0,001 10 5 1,0 0,001	10	Ацетон Углерода окись Кремния двуокись Фенол Формальдегид Толуол	0,2 15 0,2 0,003 0,02 0,5

Продолжение таблицы 1.2

Вариант	Наименование вещества	Фактическая концентрация, мг/м ³	Вариант	Наименование вещества	Фактическая концентрация, мг/м ³
1	2	3	1	2	3
11	Азот окислы Алюминий окись Фенол Бензол Формальдегид Винилацетат	0,1 5 0,01 0,05 0,01 0,1	12	Азотная кислота Толуол Винилацетат Углерода окись Алюминия окись Гексан	0,5 0,6 0,15 10 5 0,01
13	Азот двуокись Ацетон Бензол Фенол Углерода окись Винилацетат	0,5 0,2 0,05 0,01 10 0,1	14	Акролеин Дихлорэтан Хлор Хром трехокись Ксилол Ацетон	0,01 5 0,01 0,1 0,3 150
15	Углерода окись Этилендиамин Аммиак Азот двуокись Ацетон Бензол	10 0,1 0,1 5 100 0,05	16	Серная кислота Азотная кислота Кремния двуокись Фенол Ацетон Озон	0,5 0,5 0,2 0,01 0,2 0,01
17	Аммиак Азот окислы Вольфрам Алюминия окись Углерода окись Фенол	0,001 0,1 4 5 5 0,01	18	Ацетон Фенол Формальдегид Полипропилен Толуол Винилацетат	0,3 0,005 0,02 8 0,7 0,15
19	Метиловый спирт Этиловый спирт Цементная пыль Углерода окись Ртуть Ксилол	0,3 100 200 15 0,001 0,5	20	Углерода окись Азот двуокись Формальдегид Акролеин Дихлорэтан Озон	10 1,0 0,02 0,01 5 0,02

Продолжение таблицы 1.2

Вариант	Наименование вещества	Фактическая концентрация, мг/м ³	Вариант	Наименование вещества	Фактическая концентрация, мг/м ³
1	2	3	1	2	3
21	Аэрозоль пятиокись ванадия Хром трехокись Озон Хлор Углерода окись Азот двуокись	0,05 0,1 0,1 0,02 10 1	22	Сернистый ангидрид Серная кислота Вольфрамовый ангидрид Хрома окись Азот двуокись Аммиак	0,5 0,05 5 0,2 0,05 0,5
23	Азот окислы Алюминий окись Формальдегид Винилацетат Бензол Фенол	0,1 5 0,02 0,1 0,05 0,005	24	Аммиак Азот окислы Углерода окись Фенол Вольфрам Алюминия окись	0,05 0,14 15 0,005 4 5
25	Азотная кислота Серная кислота Ацетон Кремния двуокись Фенол Озон	0,5 0,5 100 0,2 0,001 0,001	26	Ацетон Озон Фенол Кремния двуокись Этилендиамин Аммиак	0,15 0,05 0,02 0,15 0,9 0,05
27	Акролеин Дихлорэтан Озон Углерода окись Вольфрам Формальдегид	0,01 5 0,01 20 5 0,02	28	Аммиак Азот двуокись Хрома окись Ксилол Ртуть Гексан	0,02 5 0,2 0,5 0,0005 0,01
29	Озон Азот двуокись Углерода окись Хлор Хром трехокись Аэрозоль пятиокись ванадия	0,05 1 15 0,02 0,09 0,05	30	Аммиак Азот двуокись Хрома окись Соляная кислота Серная кислота Сернистый ангидрид	0,4 0,5 0,18 4 0,04 0,4

Таблица 1.3

Предельно-допустимые концентрации загрязняющих веществ

Наименование вещества	ПДК в воздухе, мг/м³			Класс опас- ности	Осо- бенно- сти воз- дейст- вия
	рабочей зоны	населенных мест			
		среднесу- точная: воздейст- вие > 30 мин	максимально- разовая: воздействие < 30 мин		
1	2	3	4	5	6
Азот двуокись	2	0,04	0,085	2	0
Азот окислы	5	0,06	0,6	3	0
Акролеин	0,2	0,03	0,03	3	—
Алюминия окись	6	0,04	0,2	4	Ф
Ацетон	200	0,35	0,35	4	—
Аммиак	20	0,04	0,2	4	—
Бензол	5	0,1	1,5	2	К
Винилацетат	10	0,15	0,15	3	—
Вольфрам	6	0,1	—	3	Ф
Вольфрамовый ангидрид	6	0,15	—	3	Ф
Дихлорэтан	10	1	3	2	—
Кремний двуокись	1	0,06	0,15	3	Ф
Ксилол	50	0,2	0,2	3	—
Метиловый спирт	5	0,5	1	3	—
Озон	0,1	0,03	0,16	1	0
Полипропилен	10	3	3	3	—
Серная кислота	1	0,1	0,3	2	—
Сернистый ангидрид	10	0,05	0,5	3	—
Сода кальцинированная	2	—	—	3	—
Соляная кислота	5	—	—	2	—
Толуол	50	0,6	0,6	3	—
Углерода окись	20	3	5	4	Ф
Фенол	0,3	0,003	0,01	2	—
Формальдегид	0,5	0,003	0,035	2	0, А
Гексан	300	—	60	4	—
Хлор	1	0,03	0,1	2	0
Хрома окись	1	—	—	3	А
Хрома трехокись	0,01	0,0015	0,0015	1	К, А
Этилендиамин	2	0,001	0,001	3	—
Этиловый спирт	1000	5	5	4	—
Цементная пыль	6	—	—	4	Ф

Особенности воздействия:

О – вещества с остронаправленным механизмом воздействия, за содержанием которых в воздухе требуется автоматический контроль;

А – вещества, способные вызвать аллергические заболевания в производственных условиях;

К – канцерогены;

Ф – аэрозоли преимущественно фиброгенного действия.

При совместном присутствии в атмосферном воздухе нескольких веществ, обладающих суммацией действия, сумма их концентраций не должна превышать единицы при расчете по формуле

$$\frac{C_1}{C_{\text{ПДК}_1}} + \frac{C_2}{C_{\text{ПДК}_2}} + \dots + \frac{C_n}{C_{\text{ПДК}_n}} < 1,0, \quad (1.1)$$

где C_1, C_2, C_n – фактические концентрации веществ в атмосферном воздухе;

$C_{\text{ПДК}_1}, C_{\text{ПДК}_2}, C_{\text{ПДК}_n}$ – предельно-допустимые концентрации (ПДК) тех же веществ.

Эффектом суммации обладают:

- ацетон, акролеин и фталевый ангидрид;
- ацетон и фенол;
- ацетон и ацетофенон;
- ацетон, фурфурол, формальдегид и фенол;
- ацеальдегид и винилацетат;
- аэрозоли пятиокиси ванадия и окислов марганца;
- аэрозоли пятиокиси ванадия и сернистый ангидрид;
- аэрозоли пятиокиси ванадия и трехокиси хрома;
- бензол и ацетофенон;
- валериановая, капроновая и масляная кислоты;
- вольфрамовый и сернистый ангидриды;
- гексахлоран и фазолон;
- 2,3-дихлор-1 и 4,1-нафтахинон;
- 1, 2-дихлорпропан и 1,2,3-трихлорпропан и тетрахлорэтилен;

- изопропилбензол и гидроперекись изопропилбензола;
- изобутенилкарбинол и диметилвинилкарбинол;
- метилдигидропиран и метилентетрагидропиран;
- мышьяковидный ангидрид и свинца ацетат;
- мышьяковистый ангидрид и германий;
- озон, двуокись азота и формальдегид;
- окись углерода, двуокись азота, формальдегид и гексан;
- пропионовая кислота и пропионовый альдегид;
- сернистый ангидрид и аэрозоль серной кислоты;
- сернистый ангидрид и никель металлический;
- сернистый ангидрид и сероводород;
- сернистый ангидрид и двуокись азота;
- сернистый ангидрид, окись углерода, фенол и пыль конвертерного производства;
- сернистый ангидрид, окись углерода, двуокись азота и фенол;
- сернистый ангидрид и фенол;
- сернистый ангидрид и фтористый водород;
- серный и сернистый ангидриды, аммиак и окислы азота;
- сероводород и динил;
- сильные минеральные кислоты (серная, хлористоводородная и азотная);
- углерода окись и пыль цементного производства;
- уксусная кислота и уксусный ангидрид;
- фенол и ацетофенон;
- фурфурол, метиловый и этиловый спирты;
- циклогексан и бензол;
- этилен, пропилен, бутилен и амилен.

Эффектом потенцирования обладают:

- бутилакрилат и метилметалкрилат с коэффициентом 0,8;
- фтористый водород и фторосоли с коэффициентом 0,8.

6. Показать особенности воздействия (ОВ) загрязняющих веществ.

Провести анализ, выявить вещества, обладающие суммацией, выполнить необходимые расчеты и сделать вывод о соответствии

нормам каждого из указанных веществ в отдельности и при их одновременном воздействии.

7. Дать выводы о соответствии качества воздуха нормативным требованиям ПДК: для рабочей зоны (ПДК_{рз}), среднесуточной (ПДК_{сс}) и максимально разовой (ПДК_{мр}).

Выводы (примерные):

1. Содержание веществ, кроме (если таковые есть), соответствует нормам рабочей зоны.

2. Суммацией действия обладают вещества:
Сумма отношений фактического содержания к их ПДК составляет, что < 1 и соответствует норме (или > 1 , что не соответствует норме).

3. В целом качество атмосферного воздуха соответствует нормам рабочей зоны (в случае не соответствия одного из факторов, то не соответствует нормам).

Контрольные вопросы:

1. Классификация причин несчастных случаев.
2. Методы анализа производственного травматизма и профессиональных заболеваний.
3. Какие несчастные случаи на производстве подлежат расследованию и учету?
4. Порядок расследования и учета несчастных случаев.
5. Какой акт составляется по результатам расследования несчастного случая?
6. Каковы основные причины производственного травматизма?
7. Что называется несчастным случаем?
8. Какие типичные ситуации производственного травматизма имеют место на предприятиях автомобильного транспорта?
9. В чем сущность основных методов изучения производственного травматизма?
10. Что называется предпосылкой, моментом повышенной

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 2

Расчет загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Цель: ознакомить студентов с расчетом количества вредных выбросов от автотранспорта и с методами защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта.

Продолжительность работы: 90 мин.

Краткий теоретический материал:

Один легковой автомобиль ежегодно поглощает из атмосферы в среднем более 4 т кислорода, выбрасывая с отработавшими газами примерно 800 кг оксида углерода, около 400 кг оксидов азота и почти 200 кг различных углеводородов.

Передвижные источники загрязнения пространственно сосредоточены по территории города и расположены в непосредственной близости к жилым районам, что создает общий повышенный фон загрязнения. Они располагаются невысоко от земной поверхности, в результате чего отработавшие газы автомобилей слабее рассеиваются ветром по сравнению с промышленными выбросами и скапливаются в зоне дыхания людей. Кроме того, темпы роста числа автомобилей значительно выше по сравнению с темпами роста промышленных источников. В таблице 2.1 приведены основные виды выбросов загрязняющих веществ от передвижных источников.

Уровень загазованности магистралей и примагистральных территорий зависит от интенсивности движения автомобилей, ширины и рельефа улицы, скорости ветра, доли грузового транспорта и автобусов в общем потоке. При интенсивности движения 500 транспортных единиц в час концентрация оксида углерода на открытой территории на расстоянии 30–40 м от автомагистрали снижается в 3 раза и достигает нормы. Затруднено рассеивание выбросов автомобилей на тесных улицах. В итоге практически все жители города испытывают на себе вредное влияние загрязненного воздуха.

Таблица 2.1

**Основные виды выбросов загрязняющих веществ
от передвижных источников**

Тип двигателя	Топливо	Основные виды	Примеры источников загрязнений
Четырехтактный внутреннего сгорания	Бензин	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота	Автомобили, трактора, автобусы, мотоциклы
Двухтактный внутреннего сгорания	Бензин (с добавлением масла)	Углеводороды, оксид углерода, оксиды азота, твердые вещества	Мотоциклы, вспомогательные моторы
Дизель	Лигроин	Оксиды азота, твердые вещества	Автобусы, трактора, машины

Основные направления защиты атмосферного воздуха от вредных выбросов передвижных источников:

Меры административного и экономического регулирования

Вредное воздействие выбросов двигателя автомобиля на людей и животных называется токсичностью выбросов. Величина вредных выбросов в атмосферу автотранспортом зависит от плотности транспортного потока и количества газов, выбрасываемых каждым автомобилем. Так как транспортный поток на улицах городов будет непрерывно возрастать, необходимо для снижения загазованности воздушной среды ограничить количество вредных продуктов, выделяемых каждым автомобилем, то есть установить нормы выброса токсичных веществ с выхлопными газами.

Жесткие требования к токсичности отработанных газов новых автотранспортных средств сформулированы в виде норм ЕЭК ООН, директив Европейского союза, которые являются обязательными для автопроизводителей. Выполнение этих норм позволяет существенно сократить интенсивность выделения нормируемых токсичных компонентов выбросов двигателями одиночных автотранспортных средств.

Для ограничения содержания в выхлопе автомобиля токсич-

ных веществ Европейской экономической комиссией ООН были введены стандарты «Евро».

Стандарт Евро-1 предусматривал выброс бензиновым двигателем оксида углерода (CO) не более 2,72 г на 1 км пути, углеводородов – не более 0,72 г/км, оксида азота (NO_x) – не более 0,27 г/км. Евро-1 действовал в Европе с 1992 года, а в 1995-м году его сменил более жесткий стандарт – Евро-2.

В Евро-2 были ужесточены почти в 3 раза (0,29 против 0,72 г/км) нормы по содержанию в выхлопе углеводородов.

Экологический стандарт Евро-2 был принят правительством России осенью 2005 г.

В 1999 г. введен стандарт Евро-3. Евро-3 – это снижение уровня выбросов по сравнению с Евро-2 на 30–40 %. Ему соответствуют все новые машины, выпущенные в европейских странах с 1999 г. Все транспортные средства, произведенные или ввезенные в Россию, начиная с 1 января 2008 г., должны удовлетворять требованиям стандарта Евро-3, регулирующему содержание вредных веществ в выхлопных газах транспортных средств с дизельными и бензиновыми двигателями.

- экологический стандарт, регулирующий содержание вредных веществ в выхлопных газах. Стандарт Евро-5 стал обязательным для всех новых грузовых автомобилей, продаваемых в Евросоюзе с октября 2008 года и легковых автомобилей – с 1 сентября 2009 года.

В России стандарт Евро-5 действует на все автомобили с 1 января 2016 года.

Европа не ограничилась стандартом Евро-5 и в 2015 году вступил в силу стандарт Евро-6, согласно которому выбросы углекислого газа новыми легковыми автомобилями должны составлять менее 130 граммов на километр пути.

В нашей стране существуют два вида стандартов на нормы и методы определения вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей.

К первому относятся государственные стандарты. Они распространяются на автомобили, находящиеся в эксплуатации, то есть на весь автомобильный транспорт РФ. Это ГОСТ 17.2.2.03-87 «Охрана природы. Атмосфера. Содержание окиси углерода в отработанных газах автомобилей с бензиновыми двигателями.

Нормы и методы определения», ГОСТ 1393-75 «Автомобили с дизелями. Дымность отработанных газов. Нормы и методы определения», ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» и ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния».

Второй вид – отраслевые стандарты Минавтопрома на новую продукцию. Они предусматривают проверку токсичности отработанных газов автомобилей с искровым зажиганием массой от 400 до 3500 кг, двигателей грузовых автомобилей и автобусов при приемочных и контрольных испытаниях на предприятиях-изготовителях. В 1982 г. введен в действие отраслевой стандарт ОСТ 37.001.234-81 «Охрана природы. Атмосфера. Дизели автомобильные. Выбросы вредных веществ с отработанными газами. Нормы и методы определения». Стандарт устанавливает предельно-допустимые нормы выброса оксида углерода (II), углеводородов и оксида азота (IV), а также определяет методику проведения измерений указанных компонентов. Простая мера – регулировка двигателей, может снизить токсичность выхлопных газов в несколько раз.

7 марта 2003 г. Государственной Думой РФ принят закон «О запрете производства и оборота этилированного автомобильного бензина в Российской Федерации». Этилированный бензин – это топливо с добавлением тетраэтилсвинца – добавки, которая увеличивает октановое число автомобильного бензина с 76 до 93. Этиловый бензин – вещество, которое ведет к стойкой свинцовой интоксикации человека. Запрет производства этилированного бензина позволил снять существовавшее ранее ограничение, связанное с несовместимостью этилированного бензина и каталитического нейтрализатора отработанных газов.

Для того чтобы снизить выбросы одиночных автотранспортных средств в процессе их эксплуатации, следует ужесточить экологический контроль, а также добиться вытеснения экологически опасных автотранспортных средств из эксплуатации. Для этого устанавливают экологические классы автотранспортных средств:

- 0-й класс – устаревшие модели;
- промежуточный класс – устаревшие модели, оснащенные устройствами, снижающими токсичность выбросов;
- 1-й, 2-й классы и т. д. – модели, соответствующие требованиям Еро-1, Евро-2 и т. д.

Действующий ГОСТ Р 52033-2003 «Автомобили с бензиновыми двигателями. Выбросы загрязняющих веществ с отработавшими газами. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» позволяет осуществлять контроль автомобилей 0-го и промежуточного классов.

Для контроля автотранспортных средств 2-го класса и выше необходима разработка новых поправок к данному стандарту.

Для дизелей всех типов автотранспортных средств экологические классы в эксплуатации пока не установлены. Согласно ГОСТ Р 52160-2003 «Автотранспортные средства с воспламенением от сжатия. Дымность отработавших газов. Нормы и методы контроля при оценке технического состояния» дизели проверяют на соответствие норм дымности.

Введение экономических стимулов в виде увязки экологического класса автотранспортного средства с уровнем транспортного налога (чем ниже экологический класс, тем выше налог), ограничения (платность) доступа на определенные территории автотранспортных средств низших экологических классов позволит создать условия для вытеснения из автомобильного парка экологически опасных автотранспортных средств и снизить загрязнение атмосферного воздуха вблизи транспортных сооружений.

Градостроительные мероприятия

Для защиты атмосферного воздуха от загрязнений выбросами автомобильного транспорта большое значение имеют градостроительные мероприятия, направленные на снижение концентрации выхлопных газов в зоне пребывания человека.

Так, к мероприятиям по снижению концентрации загрязнений на пути их распространения относятся:

- удаление жилых зданий от автомагистралей;
- рациональное расположение домов и спальных комнат в квартирах;

- применение перекрытий, стен и окон с высокой герметичностью;
- развитие транспортной сети объездных дорог;
- строительство улиц, дублирующих магистрали;
- организация пересечений улиц в разных уровнях;
- организация проездов вне жилых территорий;
- применение зеленых насаждений.

Необходимы специальные приемы застройки и озеленения автомагистралей, размещение застройки по принципу зонирования: в первом от магистрали эшелоне застройки размещаются здания пониженной этажности, затем дома повышенной этажности и в глубине застройки – детские и лечебно-оздоровительные учреждения.

Тротуары, жилые, торговые и общественные здания изолируются от проезжей части улиц с напряженным движением многорядными древесно-кустарниковыми посадками – по три-четыре ряда и более. Известно, что запыленность воздуха в зеленых насаждениях в 2–3 раза меньше, чем на открытых территориях. Древесные и травянистые растения улавливают до 50 % пыли летом и до 37 % зимой. Хвойные породы, вследствие увеличенной адсорбции, осаждают пыли в 1,5 раза больше на единицу массы листа по сравнению с лиственными.

Отсутствие ухоженного газона под деревьями снижает осаждение пыли зелеными насаждениями, уменьшая их пылезащитную функцию в несколько раз. Поэтому, для удержания осевшей пыли, почва должна быть покрыта дерном или подстриженным газоном.

Газозащитные зеленые насаждения могут быть использованы в сочетании с земляными валами и защитными экранами.

Большое значение имеет сооружение транспортных развязок на разных уровнях, магистралей-дублеров, кольцевых дорог, использование подземного пространства для размещения автостоянок и гаражей.

Так как наибольший выброс продуктов неполного сгорания бензина происходит при задержках машин у светофоров, при стоянке с невыключенным мотором в ожидании зеленого света, при трогании с места и форсировании работы мотора, то необходимо устранить препятствия на пути свободного движения пото-

ка автомашин. Для этого нужны специальные автомобильные магистрали, не пересекающиеся с другими магистралями на одном уровне и движением машин или пешеходов. Необходимы переходы для пешеходов на всех пунктах скопления машин, а также эстакады или тоннели для разгрузки больших перекрывающихся потоков транспорта.

Организация движения городского транспорта

Любые вопросы организации движения надо рассматривать с точки зрения не только обеспечения безопасности, но и уменьшения токсичности выхлопных газов. Так, предельная скорость движения в городе установлена 60 км/ч. Именно на эту скорость у легковых автомобилей приходится минимум вредных выбросов. При резком увеличении или уменьшении скорости движения выброс возрастает более чем вдвое.

Должна проводиться большая работа по улучшению организации и безопасности движения транспорта. Возрастает роль техники регулирования. На улицах наших городов можно увидеть принципиально новые системы регулирования движения. Примером может служить «Бегущая волна». Она обеспечивает плавность автомобильного потока: по резервной полосе автомагистрали прокладывается гирлянда разноцветных ламп; по ним как бы двигаются светящиеся линии зеленого и красного цвета. Скорость перемещения того или иного света соответствует режиму движения транспорта. В этой ситуации «зеленый луч» становится своего рода пеленгом для водителей. Они получают возможность решать, какую скорость следует выбрать в данной ситуации. Вереница автомобилей растягивается по всей длине зеленого сигнала, и вероятность столкновения между соседними автомобилями уменьшается.

В Москве используется электронный регулировщик движения транспорта – телеавтоматическая система «Старт», предназначенная для автоматизированного управления движением транспортных потоков по всей улично-дорожной сети города.

Система позволяет из единого центра определять скорость движения транспорта на основных магистралях, места заторов и пробок, регулировать режим работы светофоров, оперативно осуществлять диспетчерское управление движением транспорта в экстремальных ситуациях, управлять движением в тоннелях, информи-

ровать участников движения с помощью динамических электронных табло и управляемых дорожных знаков о дорожно-транспортной ситуации. Переключение программ координации осуществляется по расписанию (по времени суток и дням недели с учетом сезона), либо адаптивно (по параметрам транспортных потоков).

Применение системы «Старт» позволяет сократить задержки транспорта у светофоров на 25 %, сэкономить горючего на 8–12 %, уменьшить количество дорожных происшествий.

Электрический транспорт

Оздоровлению атмосферы способствует расширение перевозок пассажиров с помощью электрического транспорта (как наземного, так и подземного). Электрический транспорт избавляет население от лишнего шума и выхлопных газов.

На периферии города целесообразно использование скоростных трамваев над обособленным полотном, пересекающимся с городскими магистралями на разных уровнях. Это позволит увеличить скорость трамвая до 32 км/ч (вместо 16–20 км/ч обычной скорости наземного городского транспорта). Трамвай – вполне современный, удобный и экономичный транспорт. Сооружение 1 км пути современного скоростного трамвая обходится в 8–12 раз дешевле 1 км линии метро. Трамвай имеет самый низкий удельный расход энергии. В ряде случаев, особенно при спаде пассажиропотока, скоростной трамвай, имеющий обособленное полотно для движения, может успешно конкурировать с метрополитеном.

Особенно выгодно применение наземного электрического транспорта в курортных зонах. В таких случаях, например, троллейбус может работать и в междугороднем сообщении: длина троллейбусных линий Симферополь–Ялта и Симферополь–Алушта более 100 км.

Добавление к топливу присадок

Добавлением к топливу присадок можно изменить ход реакций окисления углеводородов в сторону уменьшения образования некоторых токсичных компонентов: оксида углерода, углеводородов, альдегидов, сажи и др. В России и за рубежом предложен ряд присадок. Для карбюраторных двигателей самыми эффективными

оказались смеси различных спиртов. Добавление их к бензину ведет к заметному снижению в выхлопных газах оксида углерода.

Разработано большое число присадок к дизельному топливу, снижающих содержание в выхлопных газах дизелей сажи. Наиболее эффективными оказались барийсодержащие присадки.

Перспективно использование присадок на основе ферроценов. Присадки этого типа сочетаемы с каталитическими дожигателями и используются в производстве бензинов.

Сжатый и сжиженный газ – топливо для автомобилей

В качестве автомобильного горючего используют два вида газового топлива: сжиженный нефтяной или углеводородный и сжатый компримированный газ.

Сжиженный газ, используемый как автомобильное топливо, в основном состоит из пропана, бутана, получаемых при добыче природного газа и нефти, и (около 1 %) непредельных углеводородов.

Сжатый газ – это, в основном, метан, сохраняющий свое газообразное состояние почти при любой температуре и при повышенном давлении.

В выхлопе автомобилей, работающих на газе, содержится в три-четыре раза меньше оксида углерода, чем в выхлопе бензиновых двигателей. Газ сгорает почти полностью. В Российской Федерации существуют действующие и создаются новые автомобильные газозаправочные станции (АГНСК), предназначенные для заправки автомобилей сжатым газом. АГНСК рассчитана на 500 заправок в сутки при трехсменной работе в объеме заправки 100 м^3 . Время заправки 10–12 мин.

Как показал отечественный и зарубежный опыт, природный газ является весьма экономичным горючем для автомобильных двигателей: 1 м^3 газа сберегает как минимум 1 л бензина. Ресурсы мотора увеличиваются в 1,5 раза; периодичность смены масла – в 2,5 раза. Во столько же снижаются затраты на топливо и себестоимость перевозок. Резко снижаются выбросы в атмосферу продуктов сгорания. Максимальная скорость автомобиля без прицепа при работе на природном газе – 95 км/ч. Контрольный расход газа при скорости 60 км/ч 40 м^3 на 100 км пути.

Температура кипения сжиженного газа – 160°C . Во избежание испарения топливо помещают в криогенный бокс; 60 л сжи-

женного природного газа обеспечивают автопробег в 300 км. Газ легко смешивается с воздухом и образует идеальную «пищу» для мотора. Газовое топливо увеличивает срок службы двигателя примерно на треть.

Перевод автомобиля на газовое топливо не требует конструктивной переделки двигателя: достаточно установить газобаллонное оборудование. Межремонтный пробег газового двигателя более продолжительный по сравнению с бензиновым, на газовом двигателе увеличивается срок службы свечей зажигания. Применение газового топлива заметно снижает суммарную токсичность отработавших газов.

По данным «ВНИИГАЗ», в России возможен перевод на природный газ не менее 30 % грузовых автомобилей, 60–70 % автобусов и 10–15 % легковых автомобилей.

Помимо газа могут использоваться и другие виды топлива: спирт, биотопливо. В качестве автономного топлива этанол по некоторым параметрам превосходит бензин. В нем меньше примесей, а октановое число достигает 125 единиц. Поэтому этанол иногда используют как высокооктановую добавку. Однако теплотворная способность этанола существенно ниже «бензиновой» — отсюда и более высокий расход топлива.

В настоящее время возможности сельского хозяйства Европы способны обеспечить биотопливом от 50 до 80 % всех легковых автомобилей. При сгорании топлива в атмосферу возвращается только тот углекислый газ, который был поглощен растениями при росте.

Биодизельное топливо (биодизель) — относительно новый вид экологически чистого топлива. Производится биодизель из растительного масла и является возобновляемым источником энергии. Биодизель может использоваться в обычных двигателях внутреннего сгорания без изменения их конструкции. Возможно применение биодизеля как самостоятельного вида топлива, так и в смеси с обычным дизельным топливом.

Нейтрализаторы выхлопных газов

Отработанные газы автомашин можно обезвреживать с помощью специальных устройств в системе выпуска двигателя автомобиля, называемых нейтрализаторами. Устройство для обез-

вреживания отработанных газов методом каталитического воздействия получило название каталитического нейтрализатора. Пламенный нейтрализатор – устройство для обезвреживания отработанных газов двигателя автомобиля дожиганием в открытом пламени. Термический нейтрализатор – термоаккумулирующее устройство для нейтрализации отработанных газов автомобиля методом беспламенного окисления. Жидкостный нейтрализатор – устройство для обезвреживания отработанных газов автомобиля с помощью химического связывания жидкими реагентами.

В настоящее время наибольшее распространение получили каталитические нейтрализаторы, в которых используются платина, палладий. Эти металлы позволяют существенно снизить порог энергии, при котором начинаются окислительно-восстановительные реакции. Проходя через поры нейтрализатора, CO превращается в малотоксичный CO_2 , а оксиды азота восстанавливаются до безвредного N_2 .

В нашей стране в 1979 г. на городские трассы вышли первые «Волги», оборудованные необычной «ловушкой для дыма» – каталитическими нейтрализаторами, которые резко снижают токсичность выхлопных газов автомобиля. Эффект от использования нейтрализаторов внушительный: при оптимальном режиме выброс в атмосферу оксида углерода уменьшается на 70–80 %, а углеводородов – на 50–70 %.

Совершенствование двигателей внутреннего сгорания

Чтобы уменьшить количество вредных выбросов в атмосферу, ученые многих стран стремятся улучшить конструкции существующих двигателей серийного производства. Так, в 1959 году в США запатентован карбюратор с отдельным смесеобразованием, конструкция которого позволяет кроме обычной смеси получать обогащенную смесь. Эта смесь подается в специальную предкамеру со свечой зажигания. В двигателе, оборудованном таким карбюратором происходит полное сгорание рабочей смеси, что обеспечивает минимальное содержание в отработанных газах оксида углерода и углеводородов. Поскольку средняя температура в камере сгорания понижается, резко уменьшается и выброс оксидов азота.

В 1979 года все автомобили, сходящие с ВАЗ (Волжский ав-

тозавод), начали оснащать карбюраторами «Озон», которые обеспечивали нормы токсичности выхлопных газов. На базе «Озона» были созданы экономичные карбюраторы для «Москвичей», «ГАЗ», «УАЗ». На производственном объединении «ГАЗ» разработана новая система воспламенения рабочей смеси. Эта система – форкамерное зажигание – разработана отечественными специалистами, а способ зажигания называется процессом лавинной активации горения. В основную камеру сгорания бензино-воздушной смеси выбрасывается из вспомогательной форкамеры факел химически активных продуктов неполного сгорания этой смеси. Форкамерный двигатель благодаря большой мощности обеспечивает высокую экономичность в потреблении топлива и исключительно низкую токсичность отработанных газов. В настоящее время, все автомобили, сходящие с конвейеров ОАО «АВТОВАЗ», оснащаются системой электронного впрыскивания топлива, которая совместно с каталитическим нейтрализатором позволяет обеспечить соблюдение норм.

Порядок выполнения работы:

Студенты определяют число единиц автотранспорта (по типам), проходящего на заданном участке автомагистрали за один час. Для этого на заданном участке автомагистрали в течение 20 мин фиксируются все проехавшие автомашины. Результаты подсчетов записываются в табл. 2.1.

Для аудиторного занятия данные приведены в табл. 2.9.

Затем с использованием полученных данных выполняются расчеты загрязнения атмосферного воздуха выбросами вредных веществ с отработанными автомобильными газами.

Методика расчета основана на поэтапном определении эмиссии (выбросов) токсичных веществ (оксида углерода – CO , углеводородов – C_nH_m оксидов азота – NO_x с отработавшими газами автомобильного транспорта, концентрации загрязнения воздуха этими веществами на различном удалении от дороги и сравнении полученных данных с предельно допустимыми концентрациями (ПДК) данных веществ в воздушной среде.

Таблица 2.1

Таблица для внесения результатов

№ п/п	Тип автомобиля	Интенсивность движения, авт.	
		за 20 мин	за 1 ч
1	Легковые автомобили		
2	Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 т)		
3	Грузовые автомобили карбюраторные (6 т и более), например, ЗИЛ-130 и др.		
4	Грузовые автомобили дизельные		
5	Автобусы карбюраторные		
6	Автобусы дизельные		

При расчете выбросов учитываются различные типы автотранспортных средств и конкретные дорожные условия.

В качестве расчетной принимается интенсивность движения различных типов автомобилей в смешанном потоке, которая определяется студентом или группой студентов на заданном участке автомагистрали.

Мощность эмиссии CO , C_nH_m , NO_x в отработавших газах отдельно для каждого газообразного вещества определяется по формуле

$$q = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot m \cdot \left[\left(\sum_{i=1}^n G_{ik} \cdot N_{ik} \cdot K_k \right) + \left(\sum_{i=1}^n G_{id} \cdot N_{id} \cdot K_d \right) \right], \quad (2.1)$$

где q – мощность эмиссии данного вида загрязнений от транспортного потока на конкретном участке дороги, г/м·с;

$2,06 \cdot 10^{-4}$ – коэффициент перехода к принятым единицам измерения;

m – коэффициент, учитывающий дорожные и автотранспортные условия, принимается по графику (рис. 2.1) в зависимости от средней скорости транспортного потока;

G_{ik} – средний эксплуатационный расход топлива для данного типа (марки) карбюраторных автомобилей, л/км; для оценочных расчетов может быть принят по средним эксплуатационным нормам с учетом условий движения, которые приведены в табл. 2.2;

G_{id} – то же, для дизельных автомобилей, л/км;

N_{ik} – интенсивность движения каждого выделенного типа карбюраторных автомобилей, авт./ч. (табл. 2.1);

N_{id} – то же, для дизельных автомобилей, авт./ч;

K_k и K_d – коэффициенты, принимаемые для данного компонента загрязнения для карбюраторных и дизельных типов двигателей соответственно по табл. 2.3.

При расчете рассеяния выбросов от автотранспорта и определения концентрации токсичных веществ на различном удалении от дороги используется модель Гауссового распределения примесей в атмосфере на небольших высотах.

Концентрация загрязнений атмосферного воздуха окисью углерода, углеводородами, окислами азота вдоль автомобильной дороги определяется по формуле

$$C = \frac{2q}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} + F, \quad (2.2)$$

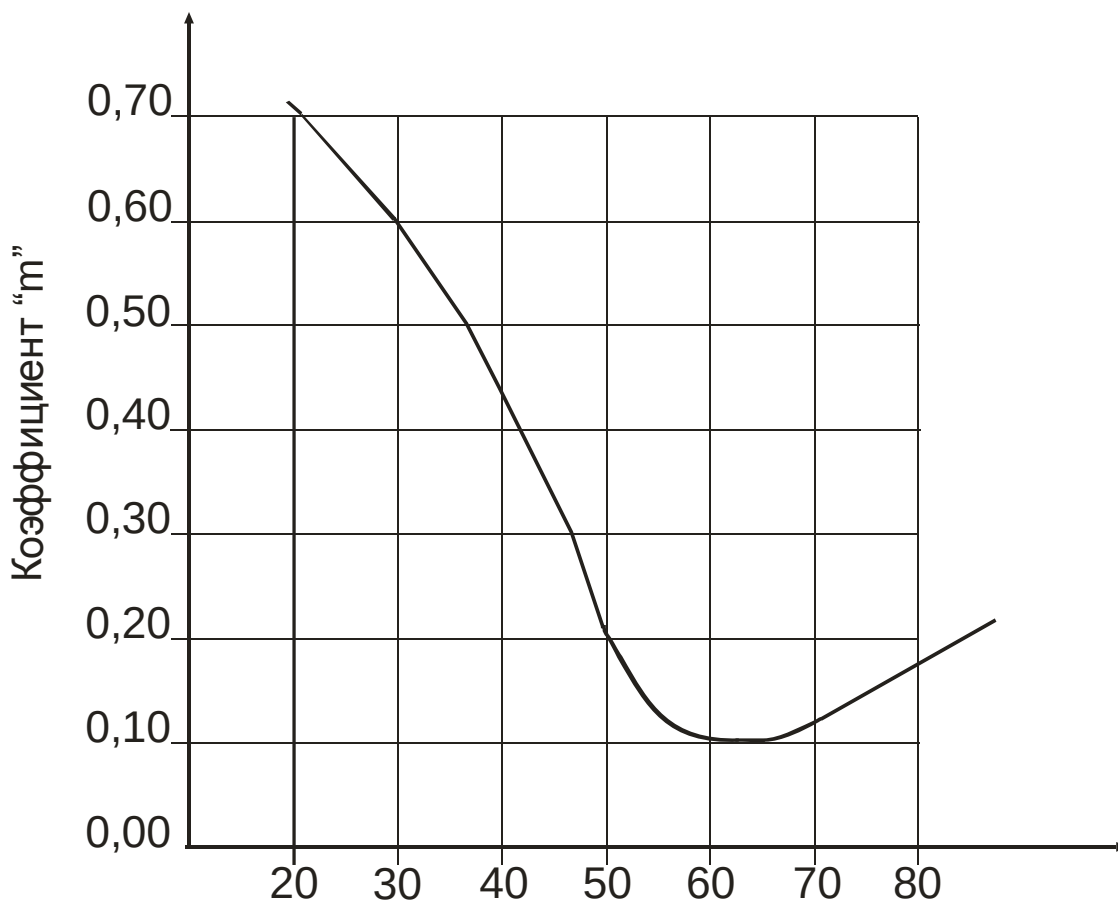
где C – концентрация данного вида загрязнения в воздухе, г/м³;

σ – стандартное отклонение Гауссового рассеивания в вертикальном направлении, м; принимается по табл. 2.4;

V – скорость ветра, преобладающего в расчетный месяц летнего периода, м/с;

φ – угол, составляемый направлением ветра к трассе дороги. При угле от 90 до 30° скорость ветра следует умножать на синус угла, при угле менее 30° – коэффициент 0,5;

F – фоновая концентрация загрязнения воздуха, г/м³.



Средняя скорость транспортного потока, км/ч.

Рис. 2.1. Зависимость величины коэффициента « m », учитывающего дорожные и автотранспортные условия движения, от средней скорости транспортного потока

Таблица 2.2

Средние эксплуатационные нормы расхода топлива
на 1 км пути в литрах

Тип автомобиля	Средний эксплуатационный расход топлива, л/км
Легковые автомобили	0,11
Малые грузовые автомобили карбюраторные (до 5 т)	0,16
Грузовые автомобили карбюраторные (6 т и более), например, ЗИЛ-130 и др.	0,33
Грузовые автомобили дизельные	0,34
Автобусы карбюраторные	0,37
Автобусы дизельные	0,28

Таблица 2.3

Значения коэффициентов K_k и K_d

Вид выбросов	Тип двигателя	
	карбюраторный	дизельный
Оксид углерода (CO)	0,600	0,140
Углеводороды (C_nH_m)	0,120	0,037
Оксиды азота (NO_x)	0,060	0,015

Таблица 2.4

Значения стандартного Гауссового отклонения
при удалении от кромки проезжей части

Приходя- щая солнечная радиация*	Значения стандартного Гауссового отклонения σ при удалении от кромки проезжей части, в метрах								
	10	20	40	60	80	100	150	200	250
Сильная	2	4	6	8	10	13	19	24	30
Слабая	1	2	4	6	8	10	14	18	22

*Сильная солнечная радиация соответствует ясной солнечной погоде, слабая – пасмурной (в т. ч. дождливой). Величина должна приниматься в расчетный период наибольшей интенсивности движения (летний период). Уровень солнечной радиации принимается в зависимости от того, какая погода превалирует в расчетный месяц.

Результаты расчета по формуле (2.2) сопоставляются с предельно допустимыми концентрациями (ПДК), установленными органами Министерства здравоохранения с учетом класса опасности для токсичных составляющих отработавших газов тепловых двигателей в воздухе населенных мест; они приведены в табл. 2.5.

По полученным результатам строится график загрязнения отработавшими газами придорожной зоны. Пример графика приведен на рис. 2.2.

Для уменьшения ширины распространения загрязнения следует предусматривать защитные зеленые насаждения, экраны, защитные валы, прокладку автомобильной дороги в выемке. Снижение концентрации загрязнений защитными сооружениями в процентах к величине концентрации приведено в табл. 2.6.

Таблица 2.5

Предельно допустимая концентрация токсичных составляющих отработавших газов в воздухе населенных мест

Вид вещества	Класс опасности	Среднесуточные предельно допустимые концентрации, мг/м ³
Оксид углерода (CO)	4	3,0
Углеводороды (C_nH_m)	3	1,5
Оксиды азота (NO_x)	2	0,04

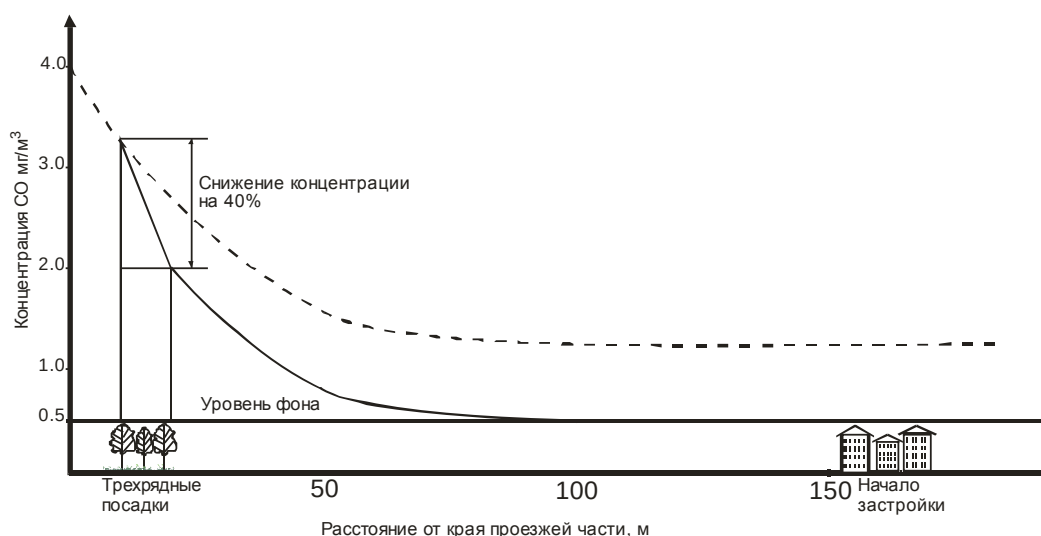


Рис. 2.2. Снижение концентрации CO за счет устройства трехрядных посадок деревьев

Выбор защитных мероприятий следует осуществлять на основе сравнения следующих основных вариантов:

- изменение параметров дороги, направленное на повышение средней скорости транспортного потока;
- ограничение движения отдельных типов автомобилей полностью или в отдельные интервалы времени;
- усиление контроля за движением автомобилей с неотрегулированными двигателями по участку, чувствительному к загрязнению воздушной среды, в целях минимизации токсичных выбросов;
- устройство защитных сооружений.

Таблица 2.6

**Снижение концентрации загрязнений различными типами
защитных сооружений и зеленых насаждений**

Мероприятие	Снижение концентрации, %
1. Один ряд деревьев с кустарником высотой до 1,5 м на полосе газона 3–4 м	10
2. Два ряда деревьев без кустарника на газоне 8–10 м	15
3. Два ряда деревьев с кустарником на газоне 10–12 м	30
4. Три ряда деревьев с двумя рядами кустарника на полосе газона 15–20 м	40
5. Четыре ряда деревьев с кустарником высотой 1,5 м на полосе газона 25–30 м	50
6. Сплошные экраны, стены зданий высотой более 5 м от уровня проезжей части	70
7. Земляные насыпи, откосы при проложении дороги в выемке при разности отметок от 2 до 3 м	50
8. То же, 3–5 м	60
9. То же, более 5 м	70

Пример расчета загрязнения атмосферного воздуха автомобильным транспортом

Задача: Определить концентрацию загрязнения атмосферного воздуха CO , $C_n H_m$, NO_x на различном расстоянии от автомобильной дороги на расчетном поперечнике.

Исходные данные:

Автомобильная дорога III категории;

Интенсивность движения – $N = 190$ авт./ч

Данные по составу транспортного потока представлены в табл. 2.7.

Средняя скорость потока движения – 60 км/ч, то есть по рис. 2.1 $m = 0,10$.

Скорость господствующего ветра – 3 м/с.

Угол направления ветра к оси трассы – 30° .

Автомобильная дорога на рассматриваемом участке проходит в границах населенного пункта; застройка находится на расстоянии 20 м от кромки проезжей части дороги.

Данные по фоновой концентрации отсутствуют.

Таблица 2.7

Состав транспортного потока

Тип автомобилей	Содержание в потоке, %	Интенсивность, авт./ч	Средний эксплуатационный расход топлива, л/км
Легковые	40	75	0,11
Малые грузовые карбюраторные	5	10	0,16
Грузовые карбюраторные	30	60	0,33
Грузовые дизельные	20	35	0,34
Автобусы карбюраторные	5	10	0,37

Решение:

1. По формуле (2.1) определяется удельная эмиссия загрязняющих веществ по компонентам:

для оксида углерода:

$$q_{CO} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,6 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,6 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,6 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,14 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,6) = 0,0004 \text{ г/м} \cdot \text{с};$$

для углеводородов:

$$q_{C_nH_m} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,12 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,12 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,12 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,037 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,12) = 0,00009 \text{ г/м} \cdot \text{с};$$

для оксидов азота:

$$q_{NO_x} = 2,06 \cdot 10^{-4} \cdot 0,1 \cdot (0,11 \cdot 75 \cdot 0,06 + 0,16 \cdot 10 \cdot 0,06 + 0,33 \cdot 60 \cdot 0,06 + 0,34 \cdot 35 \cdot 0,015 + 0,37 \cdot 10 \cdot 0,06) = 0,0000448 \text{ г/м} \cdot \text{с};$$

2. По формуле (2.2) определяется концентрация загрязнений атмосферного воздуха различными компонентами в зависимости от расстояния от дороги. На расстоянии 20 м от кромки проезжей части, где в данном примере принята граница застройки, концентрация загрязнения составит:

для оксида углерода:

$$C_{CO}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0004}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,0008}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,00011 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,11 \text{ мг/м}^3;$$

для углеводородов:

$$C_{C_nH_m}^{20} = \frac{2 \cdot 0,00009}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,00018}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,000024 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,024 \text{ мг/м}^3;$$

для оксидов азота:

$$C_{NO_x}^{20} = \frac{2 \cdot 0,0000448}{\sqrt{2\pi} \cdot \sigma \cdot V \cdot \sin\varphi} = \frac{0,0000896}{\sqrt{2 \cdot 3,14} \cdot 2 \cdot 3 \cdot 0,5} = 0,00001119 \text{ г/м}^3 \text{ или } 0,011 \text{ мг/м}^3;$$

Аналогично определяется концентрация и для других расстояний. Результаты расчетов приводятся в табл. 2.8.

Таблица 2.8

Зависимость концентрации загрязнений
от расстояния от проезжей части

Вид выбросов	Концентрация загрязнений в атмосфере на расстоянии в метрах от кромки проезжей части дороги, мг/м ³					
	20	40	60	80	100	150
Оксид углерода (CO)	0,1100	0,0550	0,0370	0,0275	0,0220	0,0160
Углеводороды (C_nH_m)	0,0240	0,0120	0,0080	0,0060	0,0048	0,0034
Оксиды азота (NO_x)	0,0110	0,0060	0,0040	0,0030	0,0022	0,0016

По результатам расчетов строится график распространения загрязнений в зависимости от расстояния от дороги.

Вывод по результатам расчетов: результаты расчетов показывают, что величина транспортного воздействия на атмосфер-

ный воздух не превышает предельно допустимых концентраций, приведенных в табл. 2.5.

Таблица 2.9

Исходные данные для расчетов

№ вари- анта	Интенсивность движения, авт./ч				
	Легко- вые	Малые гру- зовые кар- бюраторные	Грузовые карбюра- торные	Грузо- вые ди- зельные	Автобусы карбюра- торные
1	80	12	50	30	10
2	85	20	60	35	15
3	90	25	70	40	20
4	95	30	80	45	25
5	100	35	85	50	30
6	115	40	90	55	35
7	120	45	95	60	40
8	125	50	100	65	45
9	130	55	105	70	50
10	200	55	-	-	50
11	210	60	-	-	45
12	220	65	-	-	40
13	230	40	-	-	35
14	240	35	-	-	30
15	250	30	-	-	25
16	260	25	-	-	20
17	270	-	45	25	-
18	280	-	40	20	-
19	290	-	35	15	-
20	300	-	30	12	-
21	310	-	25	10	-
22	320	10	50	30	10
23	330	12	55	35	15
24	340	20	60	40	17
25	350	25	65	45	20

Контрольные вопросы:

1. Приведите примеры передвижных источников вредных выбросов в атмосферу.
2. Какие вредные вещества содержатся в выхлопных газах автомобильного транспорта?
3. В какие периоды движения автомобиля в его выхлопных газах содержится наибольшее и наименьшее количество вредных примесей?
4. Дайте понятие токсичности выбросов автомобильного транспорта.
5. Назовите мероприятия, внедрение которых приводит к уменьшению вреда, наносимого атмосфере автомобильным транспортом.
6. В чем сущность градостроительных мероприятий, направленных на защиту атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта?
7. Роль организации движения городского транспорта в защите атмосферного воздуха от вредных выбросов автомобильного транспорта.
8. Почему электрический транспорт меньше загрязняет атмосферный воздух, чем автотранспорт, работающий на бензине или на солярке?
9. Почему устанавливаются нормы на содержание вредных веществ в отработанных газах автомобилей и двигателей?
10. Каким образом присадки к бензину способствуют снижению токсичности отработанных газов автомобилей и двигателей?
11. Какие виды нейтрализаторов выхлопных газов Вы знаете?
12. В чем преимущества использования сжатого и сжиженного газа в качестве топлива для автомобилей по сравнению с бензином?

ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 3

Определение (расчет) допустимости сброса сточных вод промышленного предприятия в водоем

Цель: ознакомление студентов с процессом нормирования сбросов сточных вод в водоемы.

Продолжительность работы: 90 мин.

Краткий теоретический материал:

Значительное количество загрязнителей поступает в почву и водоемы со сточными водами от предприятий АТК. В 1998 году предприятиями АТК России было сброшено загрязненных сточных вод около 7 млн м³, в их составе около 3 тыс. т нефтепродуктов и более 62 тыс. т взвешенных веществ.

Сточные воды автотранспортных (АТП) и авторемонтных предприятий (АРП) подразделяются в зависимости от производственной деятельности на:

- сточные воды от мойки автомобилей, входящие в систему оборотного водоснабжения;
- нефтесодержащие сточные воды от производственных участков;
- сточные воды, содержащие краску и растворители красок;
- поверхностные сточные воды с территории АТП и АРП.

Сточные воды от мойки автомобилей составляют 80–85 % от объема производственных стоков АТП и АРП. Основными загрязнениями данных сточных вод являются взвешенные вещества и нефтепродукты. Концентрация взвешенных веществ в них зависит от большого числа факторов: типа эксплуатируемых автомобилей, характера дорожного покрытия, сезонных условий, состава грунтов в районе эксплуатации, периодичности мойки подвижного состава и типа применяемой мойки, и может составлять от 100 до 4000 мг/л.

От мойки автомобилей, работающих на этилированном бензине, возможно попадание в сток тетраэтилсвинца (ТЭС). Содержание ТЭС, по данным исследований, в стоке составляет 0,002–0,01 мг/л, однако при мойке двигателей оно может достичь 2,46 мг/л. При этом осадок и нефтепродукты, задерживаемые на

очистных сооружениях, обладают высокой токсичностью. После реагентной очистки моечных вод последние практически не содержат ТЭС и могут быть включены в систему оборотного водоснабжения.

Состав нефтесодержащих сточных вод от производственных участков отличается большим разнообразием и зависит от специфических особенностей технологических процессов и используемых компонентов.

Разборка и дефектоскопия узлов и деталей невозможна без тщательной их очистки и последующей мойки в моечных машинах или ваннах.

Например, разборочно-моечный участок АРП обычно состоит из нескольких (5–10) моечных постов для мойки кабин, отдельных узлов и деталей автомобилей. Почти все установки разборочно-моечного участка имеют оборотную систему подачи моющих растворов, в качестве которых используется вода (60–100 °С) с добавлением едкого натра или моющих средств «Лабомид-101», «Лабомид-203», МЛ-52, «Темп-100». После мойки в горячем растворе узлы и агрегаты промываются горячей водой (80–100 °С). После многократного использования моющие растворы и промывочные воды содержат взвешенные вещества и нефтепродукты в эмульгированном состоянии, в том числе нефтепродуктов до 5 г/л, синтетических поверхностно-активных веществ (СПАВ) до 0,1 г/л и неорганических щелочных электролитов до 20 г/л. Концентрация вредных примесей в отработанных растворах в 40–80 тыс. раз превышает допустимые нормы.

По дисперсионному составу нефтепродукты в сточных водах АТП и АРП могут быть в свободном, эмульгированном и растворенном состояниях. Наличие эмульгированных нефтепродуктов характеризуется попаданием в сток эмульсий и синтетических моющих средств (СМС) при мойке автомобилей, деталей и узлов. Эмульгирование нефтепродуктов происходит также при механическом воздействии на сток, например, при многократной перекачке.

Количество нефтесодержащих сточных вод, образующихся на АТП, колеблется от 50 до 1000 м³/сут. Объем сточных вод АРП относительно невелик, но отличается большой загрязненностью, трудностью обработки и высоким содержанием загрязняющих веществ, получаемых при очистке ремонтного фонда.

Для отвода сточных вод на территории АРП должно быть предусмотрено несколько систем канализации: производственная, бытовая и дождевая. Производственная канализация в большинстве случаев принимает несколько стоков различного назначения. Очистка производственного стока осуществляется на нескольких типах очистных сооружений. Например, в отдельную группу выделяются сточные воды от моечного оборудования, загрязненные щелочами и СПАВ, в другую – стоки окрасочных отделений и гидрофильтров.

Экологическая опасность при сбросе неочищенных стоков АРП в водоем состоит в том, что эмульгированные нефтепродукты и СПАВ вызывают отмирание первичных пищевых цепей водоемов, гибель водорослей и замедление процессов самоочищения водоемов, приводят к массовой гибели живых организмов. Значительное количество загрязнений поступает в водоемы с дождевым стоком, образованным на территории АТП и АРП, который содержит до 0,1 г/л нефтепродуктов и 1,5 г/л взвешенных веществ и более токсичные сточные воды поступают от цехов и участков гальванических покрытий и других видов обработки поверхностей металлов (травления, пассивации, электрополировки, никелирования и др.) Эти сточные воды содержат кислоты, щелочи, соединения шестивалентного хрома, соли меди, никеля, цинка, кадмия и других металлов. Сброс этих сточных вод в открытые водоемы и городскую канализацию недопустим без соответствующей очистки.

Стоки гальванических участков характеризуются следующей концентрацией загрязнений (мг/л):

- взвешенные вещества 400–800;
- сухой остаток 600–3000;
- хлориды (Cl) 500–1000;
- сульфаты (SO_4^{-2}) 400–800;
- хром (Cr^{+6}) 200–240;
- ионы тяжелых металлов 200–500.

Сточные воды от гидрофильтров окрасочных камер (участков) загрязнены большим количеством органических веществ и перед спуском в канализацию должны быть предварительно очищены на локальных очистных сооружениях.

Взвешенные вещества в этих стоках представлены грубодисперсными частицами окрасочных и грунтовочных материалов, которые частично выпадают в осадок, а частично налипают на стены и сетчатые фильтры, устанавливаемые перед всасывающим патрубком насоса, подающего воду на форсунки. Мелкодисперсные частицы находятся в эмульгированном состоянии. Средняя концентрация взвешенных веществ составляет 260 мг/л.

Для конкретного определения количества взвеси в стоке необходимо знать следующие параметры процесса: величину окрашиваемой поверхности, норму расхода краски (процентное отношение краски и растворителя), тип краскораспылителя, процент очистки воздуха. Согласно данным проектного института НПО «Спектр», для определения концентрации краски в стоках можно условно принять, что из всего расходуемого количества краски 60 % попадает на покрытие изделий и 40 % поступает в воздух, из этого количества 90 % оседает на стенках гидрофильтров и только 10 % поступает в воду.

Одним из существенных факторов загрязнения водоемов и почвы являются для предприятий АТК поверхностные сточные воды, содержащие взвешенные вещества и нефтепродукты.

Поверхностные сточные воды на территории предприятий образуются от дождевых вод, талых вод и поливочно-моечных вод.

В соответствии со СНиП 11-93-74 (п 4.7), концентрация взвешенных веществ в сточных водах не должна превышать 300 мг/л, нефтепродуктов 7,5–90 мг/л в зависимости от категории эксплуатируемых автомобилей.

Исследования показывают, что предприятия АТК сбрасывают поверхностные сточные воды со значительным превышением установленных нормативов.

С целью уменьшения выноса загрязняющих стоков с поверхностным стоком на предприятии должно быть предусмотрено следующее:

- исключение сброса в дождевую канализацию отходов производства, в том числе нефтепродуктов;
- организация регулярной уборки территории с применением средств механизации;
- проведение своевременного ремонта дорожных покрытий;

- ограждение зон озеленения бортовым камнем, исключающим смыв грунта на дорожное покрытие во время ливневых дождей;
- повышение эффективности работы пыле- и газоочистных установок с целью максимальной очистки выбросов в атмосферу, предотвращения появления в поверхностных стоках специфических загрязнений;
- ликвидация участков территории, где возможны рассыпание и разлив жидких продуктов, с отведением локального стока в производственную канализацию для очистки.

Контроль и управление качеством воды в водных объектах предусматривают решение следующих задач:

- проверку достаточной степени разбавления сточных вод, для того чтобы в пункте водопользования примеси рассеивались до неопасных концентраций;
- определение требуемой степени очистки (обеззараживания) сточных вод;
- прогнозирование качества воды на заданную перспективу.

Загрязнение водоема сточными водами может неблагоприятно сказаться на: нарушении общего санитарного режима водоема; изменении органолептических свойств водоема.

Соответственно в зависимости от свойств загрязняющих веществ определение степени необходимой очистки сточных вод ведется по каждому показателю состава и свойств воды водоемов.

Порядок выполнения работы:

Задача 1. Расчет сброса взвешенных веществ в водоем

Исходные данные для расчета приведены в табл. 3.1.

Таблица 3.1

Исходные данные для расчета

Вариант	Расход воды водоема в створе у места выпуска сточных вод Q , м ³ /с	Расход сточных вод, сбрасываемых в водоем, q , м ³ /с	Средняя глубина водоема H , м	Средняя скорость течения воды в водоеме V , м/с	Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистную станцию, C , г/м ³	Концентрация взвешенных веществ в водоеме до выпуска сточных вод C_6 , г/м ³
01	17	0,12	1,8	0,39	190	0,2
02	19	0,13	1,9	0,38	200	0,22
03	18	0,14	2,0	0,37	210	0,24
04	20	0,15	2,1	0,36	220	0,26
05	16	0,16	2,2	0,35	230	0,28
06	18	0,17	2,3	0,34	240	0,3
07	20	0,18	2,4	0,33	250	0,32
08	19	0,19	2,5	0,32	260	0,34
09	17	0,20	2,6	0,31	270	0,36
10	16	0,21	2,7	0,3	280	0,38
11	10	0,22	1,8	0,29	290	0,4
12	11	0,23	1,9	0,28	300	0,42
13	12	0,24	2,0	0,27	310	0,44
14	13	0,25	2,1	0,26	190	0,46
15	14	0,12	2,2	0,25	200	0,48
16	15	0,13	2,3	0,39	210	0,5
17	16	0,14	2,4	0,38	220	0,52
18	17	0,15	2,5	0,37	230	0,54
19	18	0,16	2,6	0,36	240	0,56
20	19	0,17	2,7	0,35	250	0,58
21	20	0,18	1,8	0,34	260	0,6
22	19	0,19	1,9	0,33	270	0,2
23	18	0,20	2,0	0,32	280	0,22
24	17	0,21	2,1	0,31	290	0,24
25	16	0,22	2,2	0,3	300	0,26

Для определения требуемой степени очистки сточных вод от загрязняющих взвешенных веществ необходимо рассчитать допустимую концентрацию взвешенных веществ в очищенных сточных

водах перед выпуском их в водоем $C_{\text{доп}}$, г/м³:

$$C_{\text{доп}} = C_{\text{в}} + n \cdot p, \text{ г/м}^3 \quad (3.1)$$

где $C_{\text{в}}$ – концентрация взвешенных веществ в водоеме до выпуска сточных вод, г/м³;

n – кратность разбавления в расчетном створе;

p – допустимое (по санитарным нормам) увеличение содержания взвешенных веществ в водоеме после спуска сточных вод, г/м³.
Для водоема первой категории водопользования $p = 0,25 \text{ г/м}^3$.

Для определения кратности разбавления сточных вод применяют формулу

$$n = \frac{\mu \cdot (Q + q)}{q}, \quad (3.2)$$

где Q – расход воды водоема, м³/с;

q – расход сточных вод, м³/с; необходимо определить:

μ – коэффициент турбулентной диффузии (3.3):

$$E = \frac{H \cdot V}{200}, \quad (3.3)$$

где H – средняя глубина водоема, м;

V – средняя скорость течения воды, м/с;

200 – коэффициент, учитывающий влияние гидравлических факторов смешения сточных вод:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (3.4)$$

где ξ – коэффициент, характеризующий место расположения выпуска сточных вод (в задаче принять береговой выпуск, для которого $\xi = 1$);

φ – коэффициент извилистости русла ($\varphi = 1,5$).

μ – коэффициент смешения сточных вод с водой водоема, который рассчитывается по формуле

$$\mu = \frac{1 - \beta}{1 + \frac{Q}{q} \cdot \beta}, \quad (3.5)$$

где

$$\beta = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}, \quad (3.6)$$

где L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа при решении задачи принять равным 1000 м;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,7$.

1. Сравнить $C_{\text{доп}}$ с концентрацией взвешенных веществ C в сточных водах, поступающих на очистную станцию. При $C_{\text{доп}} < C$ рассчитать необходимую степень очистки сточных вод от взвешенных примесей Ξ , %, по формуле

$$\Xi = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \%. \quad (3.7)$$

Задача 2. Определение предельно-допустимого сброса сточных вод

Величина предельно-допустимых сбросов (ПДС, г/с) определяется для данной категории водопользования как произведение расхода сточных вод (q , м³/ч) на допустимую концентрацию для каждого загрязняющего вещества ($C_{\text{доп}}$, г/м³) в сбрасываемых стоках. За расчет принимается их минимальное значение. В данном случае, ПДС взвешенных веществ в сбрасываемых стоках составит

$$\text{ПДС} = C_{\text{доп}} \cdot q, \quad (3.8)$$

где q – объем сброса сточных вод, м³/с.

Для расчета ПДС сточных вод предварительно определяется кратность разбавления (n) стоков по методу Фролова В. А. – Розиллера И. Д.:

$$n = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q}, \quad (3.9)$$

где q – расход сточных вод, м³/с;

Q – расход воды в створе реки у места выпуска стоков, м³/с;

γ – коэффициент смешения стоков, показывающий, какая часть расхода реки смешивается со сточными водами в максимально загрязненной струе расчетного створа:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - b}{1 + \frac{Q}{q} \cdot b}, \quad (3.10)$$

где

$$b = e^{-\alpha \sqrt[3]{L}} \quad (3.11)$$

L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру, м;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,7$;

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия реки:

$$\alpha = \xi \cdot \varphi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (3.12)$$

где φ – коэффициент извилистости русла, равный отношению расстояния (длины русла) от места выпуска сточных вод до контрольного створа по фарватеру (середине реки) (L_{ϕ}) к расстоянию по прямой (L) (соединяющее точку выпуска сточных вод и контрольный створ), при прямом русле $\varphi = 1$;

ξ – коэффициент, зависящий от вида выпуска сточных вод, который равен: при береговом выпуске $\xi = 1,0$; при русловом – $\xi = 1,5$;

E – коэффициент турбулентной диффузии для равнинных рек определяется по формуле

$$E = \frac{V \cdot H}{200}, \quad (3.13)$$

где V – средняя скорость течения реки на всем участке смешения, м/с;

H – средняя глубина реки на расчетном участке, м.

Величина предельно-допустимых сбросов (ПДС) определяется для всех категорий водопользования, как произведение расхода сточных вод (q , м³/с) на допустимую концентрацию для каждого типа загрязняющего вещества ($C_{\text{доп}}$, г/м³) в сбрасываемых стоках:

$$\text{ПДС} = q \cdot C_{\text{доп}} \quad (3.14)$$

При расчете условий сброса сточных вод определяется *допустимая концентрация для каждого загрязняющего вещества* ($C_{\text{доп}}$, г/м³), которая обеспечит нормативное качество воды в контрольном (расчетном) створе для консервативных и неконсервативных веществ.

Вещества называют консервативными, когда концентрация загрязняющих веществ изменяется только при их разбавлении. Для неконсервативных веществ концентрация изменяется вследствие протекания химических, физико-химических и биохимических процессов или это процессы самоочищения.

Допустимую концентрацию загрязняющих веществ в сбрасываемых стоках рассчитывают для консервативных, неконсервативных и взвешенных веществ.

Допустимую концентрацию ($C_{\text{доп}}^{\text{кон}}$, г/м³) для консервативных веществ определяют по формуле

$$C_{\text{доп}}^{\text{кон}} = n \cdot (C_{\text{ПДК}} - C_{\text{ф}}) + C, \quad (3.15)$$

где n – кратность разбавления стоков;

$C_{\text{ПДК}}$ – предельно допустимая концентрация загрязняющего вещества, г/м³;

$C_{\text{ф}}$ – фоновая концентрация загрязняющего вещества в водотоке выше выпуска сточных вод, г/м³.

Для неконсервативных веществ (для нефтепродуктов) допустимую концентрацию ($C_{\text{доп}}^{\text{кон}}$, г/м³) определяют по зависимости

$$C_{\text{доп}}^{\text{нп}} = n \cdot (C_{\text{пдк}}^{\text{нп}} \cdot e^{kt} - C_{\text{ф}}^{\text{нп}}) + C_{\text{ф}}^{\text{нп}} \quad (3.16)$$

где k – коэффициент неконсервативности вещества (1/сут), величина которого принимается по данным натурных наблюдений или по справочным данным и пересчитывается исходя из температуры и скорости течения воды в реке, для данного случая $k = 0,006$;

t – время добегания воды в реке: от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут), которое рассчитывается по формуле

$$t = \frac{L}{V}, \text{ с или } t = \frac{L}{V \cdot 86400}, \text{ сут,} \quad (3.17)$$

где $\frac{1}{86400}$ – коэффициент перевода времени из секунд в сутки.

Допустимая концентрация для взвешенных веществ. В действующей системе экологического нормирования предельно допустимая концентрация ($C_{\text{пдк}}$) не установлена. Согласно «Правил охраны поверхностных вод от загрязнения» содержание взвешенных веществ в водоеме ниже сброса сточных вод должно увеличиваться по сравнению с фоновыми показателями не более чем на 0,25 мг/л или 0,25 г/м³.

При условии, что концентрация взвешенных веществ после смешения $C_{\text{см}} = C_{\text{пдк}}$, то их содержание не должно увеличиваться более чем на 0,25 г/м³ по сравнению с фоновым ($C_{\text{ф}}$), то есть $\Delta C = 0,25$ г/м³.

Формула для определения допустимой концентрации взвешенных веществ ($C_{\text{доп}}^{\text{взв}}$) имеет вид

$$C_{\text{доп}}^{\text{взв}} = n \cdot (C - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}} = n \cdot \Delta C + C_{\text{ф}} = n \cdot 0,25 + C_{\text{ф}} \quad (3.18)$$

Для органических веществ допустимое загрязнение воды

определяется показателем *биологической потребности в кислороде* (БПК).

Допустимое загрязнение воды по БПК ($C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}$) характеризуется количеством кислорода, потребляемого на биохимическое окисление органических веществ за установленное время (обычно 5 суток – БПК₅, а за 20 суток – БПК_{полн}), при температуре 20 °С, содержащихся в единице объема воды (мг/л или г/м³).

Допустимое загрязнение воды по БПК_{полн} ($C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}$) определяется по формуле

$$C_{\text{доп}}^{\text{БПК}} = n \cdot [(C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}} - C_{\text{пов}}) \cdot e^{K_0 t} - C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}] + C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}, \quad (3.19)$$

где K_0 – среднее значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК_{полн} фона и сточных вод, 1/сут: $K_0 = 0,065$, 1/сут;

$C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}}$ и $C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}$ – значение ПДК и фоновой концентрации по БПК_{полн}, г/м³;

$C_{\text{пов}}$ – концентрация, обусловленная органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега или концентрация органических веществ в поверхностном стоке, г/м³;

t – время добегания воды в реке от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут), определяется по формуле (3.17).

Величина $C_{\text{пов}}$ принимается равным: для горных рек 0,6–0,8 г/м³; для равнинных рек – 1,7–2,0 г/м³; для рек болотного питания – 2,3–2,5 г/м³.

Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, то величина $C_{\text{пов}}$ принимается равном нулю.

Необходимая степень очистки сточных вод в очистных сооружениях находится по формуле

$$\Xi = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \% \quad (3.20)$$

где C – концентрация вещества, поступающая на очистные со-

оружения, г/м^3 ;

$C_{\text{доп}}$ – концентрация вещества в спускаемых в водоем очищенных сточных водах, обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе.

Пример выполнения задания:

Сброс сточных вод осуществляется в реку (рис. 3.1).

Цель работы: определить для загрязняющих веществ (консервативных, неконсервативных и взвешенных веществ):

- 1) предельно-допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в водный объект (реку) со сточными водами;
- 2) кратность разбавления сточных вод (стоков);
- 3) необходимую степень очистки стоков по взвешенным веществам, БПК_{полн} для проектируемых очистных сооружений.

Исходные данные:

Приведены в табл. 3.1, 3.2, величина ПДК ($C_{\text{ПДК}}$) – в табл. 3.4.

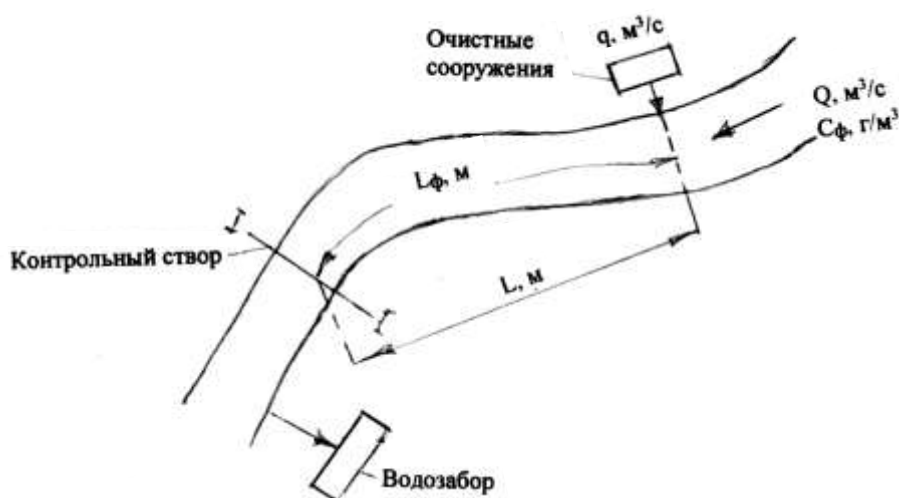


Рис. 3.1. Схема сброса сточных вод в реку

Сброс сточных вод осуществляется в реку, среднемесячный расход которой при 95 % обеспеченности составляет по данным гидрометеорологической службы $Q = 30 \text{ м}^3/\text{с}$. Средняя скорость течения реки на участке от выпуска сточных вод до расчетного створа равна $V = 0,64 \text{ м/с}$. Средняя глубина реки равна $H = 1,2 \text{ м}$. Участок реки (водотока) прямой, извилистость выражена слабо.

Выпуск сточных вод **береговой** и производится с расходом $q = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$. Для водоемов 1-й категории (санитарно-бытового водо-пользования) соответствие нормам проверяется в створе, расположенном на 1 км выше водозабора. Расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру равна $L_{\phi} = 3,5 \text{ км}$.

Таблица 3.2

Исходные данные для задания

Перечень данных	Варианты									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Количество загрязнений в воде водоема по БПК _{полн} ($C_{\phi}^{\text{БПК}}$, г/м ³)	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	1,2	1,4	2,6	1,8	2,0
Количество взвешенных веществ в воде водоема $C_{\phi}^{\text{ВЗВ}}$, г/м ³	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6	0,8	1,0	1,2	1,4	1,6
Фоновые концентрации загрязняющих веществ в воде водоема, C_{ϕ} , г/м ³ :										
C_{ϕ}^{Cl} – хлориды (Cl)	300	150	200	300	150	200	300	150	200	300
$C_{\phi}^{\text{SO}_4^{2-}}$, – сульфаты SO_4^{2-}	500	200	300	500	200	300	500	200	300	500
$C_{\phi}^{\text{нп}}$, – нефтепродукты	0,02	0,05	0,01	0,08	0,04	0,02	0,05	0,01	0,08	0,05
Концентрация взвешенных веществ в сточных водах, поступающих на очистку – $C_{\text{ВЗВ}}$, г/м ³	200	250	240	300	200	250	240	300	250	300
Концентрация загрязнений в сточных водах, поступающих на очистку по БПК _{полн} ($C_{\text{БПК}}$, г/м ³)	250	300	280	350	250	300	300	320	300	320
Расход воды в реке Q , м ³ /с	30	32	34	36	38	40	42	44	46	48
Расход сточных вод q , м ³ /с	0,5	0,54	0,6	0,62	0,64	0,66	0,7	0,75	0,8	0,85
Средняя скорость течения реки V , м/с	0,5	0,52	0,54	0,56	0,58	0,64	0,62	0,64	0,66	0,68
Средняя глубина реки H , м	1,2	1,25	1,3	1,32	1,34	1,36	1,38	1,40	1,42	1,44
Расстояние от выпуска до расчетного створа L , км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Расстояние по фарватеру до расчетного створа L_{ϕ} , км	1,0	1,2	1,4	1,6	1,8	2,0	2,2	2,4	2,6	2,8
Вид выпуска	береговой					руслевой				

Река используется в качестве источника централизованного водоснабжения и содержит **фоновые концентрации** (мг/л или г/м³):

$$\text{БПК}_{\text{ПОЛН}} - C_{\text{ф}}^{\text{БПК}} = 1,8 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{взвешенных веществ} - C_{\text{ф}}^{\text{ВЗВ}} = 5 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{сульфатов (SO}_4\text{)} - C_{\text{ф}}^{\text{SO}_4} = 400,0 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{хлоридов (Cl)} - C_{\text{ф}}^{\text{Cl}} = 100 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{нефтепродуктов (нп)} - C_{\text{ф}}^{\text{НП}} = 0,05 \text{ г/м}^3.$$

Концентрация **взвешенных вещества в сточных водах**, поступающих на очистные сооружения, равна $C^{\text{ВЗВ}} = 200 \text{ г/м}^3$; содержание **органических веществ**, выраженных БПК_{ПОЛН}, равно $C^{\text{БПК}} = 250 \text{ г/м}^3$.

Предельно допустимая концентрация (ПДК) загрязняющих веществ равна (табл. 3.4):

$$\text{для сульфатов } C_{\text{ПДК}}^{\text{SO}_4} = 500,0 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{хлоридов} - C_{\text{ПДК}}^{\text{Cl}} = 350 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{нефтепродуктов (нп)} - C_{\text{ПДК}}^{\text{НП}} = 0,3 \text{ г/м}^3;$$

$$\text{органических веществ} - C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}} = 3,0 \text{ г/м}^3.$$

Решение:

Расчет предельно-допустимого сброса (ПДС) сточных вод в реку, которая используется в качестве источника централизованного водоснабжения, проводится согласно «Методики расчета ПДС веществ в водные объекты со сточными водами».

1. Проводим расчет **кратности разбавления стоков** в расчетном створе, для чего определяем:

1.1. *Коэффициент турбулентной диффузии (E):*

$$E = \frac{V \cdot H}{200} = \frac{0,64 \cdot 1,2}{200} = 0,00384,$$

где V – средняя скорость течения реки на всем участке смешения, м/с;

H – средняя глубина реки на этом участке, м.

1.2. Коэффициент, учитывающий гидравлические условия реки (α):

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} = 1 \cdot 1 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,00384}{0,6}} = \sqrt[3]{0,0107} = 0,185,$$

где φ – коэффициент извилистости русла, равный отношению длины русла по фарватеру (середине реки) к длине по прямой, соединяющей точки выпуска и контрольного створа (при прямом русле $\varphi = 1$);

ξ – коэффициент, зависящий от вида выпуска сточных вод (при береговом сосредоточенном выпуске 1,0, при русловом – 1,5) при береговом выпуске сточных вод $\xi = 1,0$;

q – расход сточных вод, м³/с.

1.3. Коэффициент смешения сточных вод с водой реки створа:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - b}{1 + \frac{Q}{q} \cdot b} = \frac{1 - 0,061}{1 + \frac{30}{0,6} \cdot 0,061} = 0,232,$$

где $b = e^{-\alpha^3 \sqrt[3]{L}} = 2,7^{-0,185 \cdot \sqrt[3]{3500}} = 0,061$,

L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа по фарватеру, м;

Q – расход воды в створе реки у места выпуска, м³/с;

e – основание натурального логарифма, $e = 2,7$.

1.4. Краткость разбавления стоков в расчетном створе составит:

$$n = \frac{q + \gamma \cdot Q}{q} = \frac{0,6 + 30 \cdot 0,232}{0,6} = 12,6.$$

2. Определение ПДС для консервативных веществ, поступающих в водный объект со сточными водами.

2.1. Для сульфатов (SO_4)

$$ПДК - C_{ПДК}^{SO_4} = 500,0 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 3.4).}$$

Допустимая концентрация SO_4 равна:

$$C_{доп}^{SO_4} = n \cdot (C_{ПДК}^{SO_4} - C_{\phi}^{SO_4}) + C_{\phi}^{SO_4} = 12,6 \cdot (500 - 400) + 400 = 1660 \text{ г/м}^3.$$

Предельно допустимый сброс для сульфатов равен:

$$\begin{aligned} ПДС^{SO_4} &= q \cdot C_{доп}^{SO_4} = 0,6 \cdot 1660 = 996 \text{ г/с} = 996 \cdot 3600 \cdot 10^{-3} = \\ &= 3585,6 \text{ кг/ч} = 3585,6 \cdot 24 \cdot 365 \cdot 10^{-3} = 31409,9 \text{ т/год}, \end{aligned}$$

где q – расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{с}$;

$C_{доп}$ – допустимая концентрация для каждого типа загрязняющего вещества, г/м^3 .

2.2. Для хлоридов (Cl)

$$C_{ПДК}^{Cl} = 350 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 3.4).}$$

Допустимая концентрация хлоридов (Cl) равна:

$$C_{доп}^{Cl} = n \cdot (C_{ПДК}^{Cl} - C_{\phi}^{Cl}) + C_{\phi}^{Cl} = 12,6 \cdot (350 - 100) + 100 = 3250 \text{ г/м}^3.$$

Предельно допустимый сброс для хлоридов равен:

$$ПДС^{Cl} = q \cdot C_{доп}^{Cl} = 0,6 \cdot 3250 = 1950 \text{ г/с}.$$

2.3. Для взвешенных веществ

Допустимая концентрация взвешенных веществ равна:

$$C_{доп}^{ВЗВ} = n \cdot \Delta C + C_{\phi} = 12,6 \cdot 0,25 + 5 = 8,15 \text{ г/м}^3.$$

Предельно допустимый сброс для взвешенных веществ равен:

$$\text{ПДС}^{\text{ВЗВ}} = q \cdot C_{\text{доп}}^{\text{ВЗВ}} = 0,6 \cdot 8,15 = 4,89 \text{ г/с.}$$

3. Определение **ПДС для неконсервативных веществ**, поступающих в водный объект со сточными водами.

Для *нефтепродуктов* ПДК

$$C_{\text{доп}}^{\text{НП}} = 0,3 \text{ г/м}^3 \text{ (табл. 3.4).}$$

Время добегания (t) сточных вод от места выпуска до расчетного створа:

$$t = \frac{L}{V} \cdot \frac{1}{86400} = 468,75 \cdot \frac{1}{86400} = 0,0054 \text{ сут} < 0,5 \text{ сут.}$$

где L – расстояние от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;

V – средняя скорость течения реки, м/с;

$\frac{1}{86400}$ – коэффициент перевода времени из секунд в сутки.

Допустимая концентрация для нефтепродуктов равна:

$$\begin{aligned} C_{\text{доп}}^{\text{НП}} &= n \cdot (C_{\text{ПДК}}^{\text{НП}} \cdot e^{k \cdot t} - C_{\text{ф}}^{\text{НП}}) + C_{\text{ф}}^{\text{НП}} = \\ &= 12,6 \cdot (0,3 \cdot 2,7^{0,006 \cdot 0,0054} - 0,05) + 0,05 = \\ &= 12,6 \cdot (0,3 \cdot 1 - 0,05) + 0,05 = 3,2 \text{ г/м}^3, \end{aligned}$$

где k – коэффициент неконсервативности вещества (1/сут), величина которого принимается по справочным данным, для данного случая $k = 0,006$.

Предельно допустимый сброс для нефтепродуктов равен:

$$\text{ПДС}^{\text{НП}} = q \cdot C_{\text{доп}}^{\text{НП}} = 0,6 \cdot 3,2 = 1,92 \text{ г/с.}$$

4. Определение величины ПДС органических веществ по БПК_{полн}.

Допустимое загрязнение воды по БПК ($C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}$, г/м³) определяется по формуле:

$$\begin{aligned} C_{\text{доп}}^{\text{БПК}} &= n \cdot [(C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}} - C_{\text{пов}}) \cdot e^{K_0 t} - C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}] + C_{\text{ф}}^{\text{БПК}} = \\ &= 12,6 \cdot [(3 - 0) \cdot 2,7^{0,065 \cdot 0,06} - 1,8] + 1,8 \\ &= 12,6 \cdot (3 \cdot 1 - 1,8) + 1,8 = 16,92, \end{aligned}$$

где K_0 – среднее значение коэффициента неконсервативности органических веществ, обуславливающих БПК_{полн} фона и сточных вод, 1/сут: $K_0 = 0,065$, 1/сут;

$C_{\text{ПДК}}^{\text{БПК}}$ и $C_{\text{ф}}^{\text{БПК}}$ – значение ПДК и фоновой концентрации по БПК_{полн}, г/м³;

$C_{\text{пов}}$ – концентрация органических веществ в поверхностном стоке, г/м³;

t – время добегания воды в реке от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут).

Поскольку время добегания $t = 0,06 < 0,5$ сут, то $C_{\text{пов}} = 0$.

Предельно допустимый сброс для органических веществ (БПК_{полн}) равен:

$$\text{ПДС}^{\text{БПК}} = q \cdot C_{\text{доп}}^{\text{БПК}} = 0,6 \cdot 16,92 = 10,15 \text{ г/с.}$$

5. Необходимая степень очистки для очистных сооружений составит:

$$\Xi = \frac{C - C_{\text{доп}}}{C} \cdot 100, \% \quad (3.19)$$

где C – концентрация вещества, поступающая на очистные сооружения, г/м³;

$C_{\text{доп}}$ – концентрация вещества в спускаемых в водоем очищенных сточных водах, обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе.

5.1. Необходимая степень очистки от взвешенных веществ:

$$\mathcal{E} = \frac{C - C_{\text{доп}}^{\text{ВЗВ}}}{C} \cdot 100 = \frac{200 - 8,15}{200} \cdot 100 = 95,9 \, \%$$

5.2. Необходимая степень очистки по БПК:

$$\mathcal{E} = \frac{C - C_{\text{доп}}^{\text{БПК}}}{C} \cdot 100 = \frac{200 - 16,92}{200} \cdot 100 = 93,2 \, \%$$

Предельно допустимый сброс (ПДС) загрязняющих веществ, поступающих в водный объект со сточными водами, и необходимая степень их очистки по взвешенным веществам и БПК представлены в таблице 3.3.

Величина ПДС рассчитывается по всем загрязняющим веществам, а за расчетную величину принимается его минимальное значение, а необходимую степень очистки сточных вод – по максимальному значению.

Таблица 3.3

Результаты расчета предельно допустимого сброса

Показатели состава сточных вод	Допустимая концентрация вещества $C_{\text{доп}}, \text{г/м}^3$	ПДС веществ, г/с	Необходимая степень очистки стоков $\mathcal{E}, \%$
Сульфаты (SO_4^{2-})	1660	996	–
Хлориды (Cl^-)	3250	1950	–
Взвешенные вещества	8,15	4,89	95,9
Нефтепродукты	3,2	1,92	–
Органические вещества БПК _{полн}	16,92	10,15	93,2
Расчетная величина	3,2	1,92	95,9

Выводы:

1. Кратность разбавления сточных вод в расчетном створе составляет $n = 12,6$.
2. Допустимая концентрация в сточных водах принимается по нефтепродуктам и составляет $3,2 \text{ г/м}^3$.
3. Предельно допустимый сброс (ПДС) сточных вод в водный объект равен $1,92 \text{ г/с}$.
4. Необходимая степень очистки сточных вод должна быть не ниже $95,9 \, \%$.

Таблица 3.4

Предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ в воде

Ингредиенты	ПДК, г/м ³			ЛПВ* – лимитирующий показатель вредности
	Водоемы санитарно-бытового водопользования	Водоемы рыбохозяйственного водопользования	Канализация	
БПК _{полн}	6	3	500,0	общ.
Растворенный кислород (БПК)	Не менее 4	Не менее 6	500,0	общ.
Взвешенные вещества	+ 0,75 к фону	+0,25 к фону		–
Азот аммонийный	2,0	0,4		токс.
Нефтепродукты	0,3	0,05	4,4	рыб.
Хлориды	350,0	300,0		рыб.
Сульфаты	500,0	100,0		с.-т.
Алюминий	0,5	0,04		токс.
СПАВ	0,5	0,1		с.-т.
Фенолы	0,001	0,001	0,05	токс.
Железо	0,5	0,1	5,2	токс.
Цинк	1,0	0,01	6,0	токс.
Ртуть	0,005	0,00001	0,005	токс.
Примечание. ЛПВ* – лимитирующий показатель вредности: с.-т. – санитарно-токсикологический; общ. – общесанитарный; токс. – токсикологический; рыб. – рыбохозяйственный.				

Контрольные вопросы:

1. Какие водоемы являются загрязненными?
2. Что является критериями загрязнения воды?
3. Какой показатель является экологическим стандартом, оценивающим санитарное состояние водных объектов?
4. Какое основное требование предъявляется к качеству воды в водных объектах?
5. В каких местах устанавливаются нормативы состава и свойств воды водных объектов, которые должны быть обеспечены при спуске в них сточных вод?
6. На каком расстоянии от пункта водопользования устанавливаются нормативные требования к качеству воды на проточных водоемах (реках)?

7. Какие производственные сточные воды запрещается сбрасывать в водные объекты?

8. Решение каких задач предусматривает контроль и управление качеством воды в водных объектах?

9. Как определяется соответствие условий сброса сточных вод в водный объект санитарным требованиям?

10. В каком случае условия сброса сточных вод в водоем соответствуют санитарным условиям?

11. Какие меры должны быть приняты при несоответствии условий сброса сточных вод в водоем санитарным требованиям?

12. За счет проведения каких мероприятий может быть снижена концентрация загрязнения в реке?

14. Как определяется необходимая степень очистки сточных вод от загрязнений, содержание которых в сточных водах, выбрасываемых в водоем, не соответствует санитарным требованиям?

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ ПРАКТИЧЕСКИХ ЗАНЯТИЙ

Отметка	Критерии	Показатели по шкале от 0 до 100 баллов
5 (отлично)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения и получены верные ответы	[90;100]
4 (хорошо)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения и получены верные ответы, но имелись незначительные ошибки	[80; 90)
3 (удовлетворительно)	Работа выполнена в полном объеме, приведены все шаги решения, но имелись значительные ошибки	[60; 80)
2 (неудовлетворительно)	Работа выполнена не в полном объеме	Менее 60

2. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ К САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЕ

ТЕМЫ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО ИЗУЧЕНИЯ

Тема 1.1. Общая экология (1 час):

Доля влияния автопрома на состояние окружающей среды в Кемеровской области, России, в мире.

Тема 1.2. Техногенное воздействие на ОС (0,5 часа):

Примеры негативного воздействия предприятий автопрома и СТО на окружающую среду, человека.

Тема 1.3. Охрана воздушной среды (0,5 часа)

Виды и состав газообразных выбросов на предприятиях автопрома и СТО, при работе автотранспорта.

Тема 1.4. Принципы охраны водной среды (0,5 часа):

Виды и состав сточных вод на предприятиях автопрома и СТО, при работе автотранспорта.

Тема 1.5. Твердые отходы (1 час):

Виды и состав твердых отходов на предприятиях автопрома и СТО.

Тема 1.6. Экологический менеджмент (0,5 часа):

Значение экологического менеджмента на предприятиях автопрома и СТО.

Тема 2.1. Юридические и экономические аспекты (0,5 часа):

Основные экологические нормативные документы в области технического обслуживания и ремонта двигателей, систем и агрегатов автомобилей.

Тема 2.2. Экологическая стандартизация и паспортизация (1 час):

Документы, необходимые для организации предприятий автопрома и СТО.

Тема 2.3. Международное сотрудничество (0,5 часа):
История международного экологического сотрудничества.

КРИТЕРИИ ОЦЕНКИ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

Отметка	Критерии	Показатели по шкале от 0 до 100 баллов
5 (отлично)	Конспект выполнен по плану в полном объеме, аккуратно и грамотно	[90;100]
4 (хорошо)	Конспект выполнен по плану, но не в полном объеме	[80; 90)
3 (удовлетворительно)	Конспект выполнен по плану, но небрежно и не в полном объеме	[60; 80)
2 (неудовлетворительно)	Конспект не выполнен	Менее 60

СПИСОК РЕКОМЕНДУЕМОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

Основная литература:

1. Константинов, В. М. Экологические основы природопользования [Электронный ресурс]: учебник для студентов среднего профессионального образования, [а также для учителей школ, лицеев, колледжей] / В. М. Константинов, Ю. Б. Челидзе, В. М. Константинов. – Москва: Академия, 2017. – 240 с. – Режим доступа: <http://www.academia-moscow.ru/catalogue/4831/293443/>. – Загл. с экрана.

Дополнительная литература:

1. Водоотведение и водная экология [Текст]: учебно-методическое пособие [к проведению практических занятий, выполнению курсовых проектов, курсовых работ и выпускной квалификационной работы студентами, обучающимися по направлению 08.03.01 «Строительство» всех форм обучения] / под общ. ред. Е. В. Алексеева. – Москва: Издательство АСВ, 2016. – 240 с. – <http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785432301239.html?SSr=320133a25a065b6b73e457antbkuzstu> (20.11.2018).

2. Павлова, Е. И. Общая экология и экология транспорта. 5-е изд., пер. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 480 с. – Режим доступа: <https://biblionline.ru/book/obschaya-ekologiya-ieekologiya-transporta-424346>. – Загл. с экрана.

3. Гурова, Т. Ф. Экология и рациональное природопользование. 3-е изд., испр. и доп. [электронный ресурс]. – Москва: Юрайт, 2018. – 188 с. – Режим доступа: <https://biblionline.ru/book/ekologiya-iracionalnoe-prirodopolzovanie-428017>. – Загл. с экрана.

Составители

Ушакова Елена Сергеевна
Васильева Елена Вячеславовна
Ушаков Андрей Геннадьевич

ЭКОЛОГИЯ

Методические указания
к практическим занятиям и самостоятельной работе
для студентов специальности СПО
23.02.07 Техническое обслуживание и ремонт двигателей,
систем и агрегатов автомобилей

Рецензент А. В. Неведров

Подписано в печать 30.11.2018. Формат 60×84/16
Бумага офсетная. Отпечатано на ризографе. Уч.-изд. л. 3,3
Тираж 29 экз. Заказ
КузГТУ. 650000, Кемерово, ул. Весенняя, 28
Издательский центр УИП КузГТУ. 560000, Кемерово, ул. Д. Бедного, 4а