

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего образования
«СЕВАСТОПОЛЬСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

ИНСТИТУТ ЯДЕРНОЙ ЭНЕРГИИ И ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Н.М. Дербасова, О.П. Гавриш,

НОРМИРОВАНИЕ И СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Учебно-методическое пособие
к выполнению практических и лабораторных работ
для студентов специальностей
05.03.06 Экология и природопользование,
20.03.02 Природообустройство и водопользование

Севастополь
СевГУ
2021

УДК 504.064
Д36

Р е ц е н з е н т:

Г.В. Кучерик - канд. техн. наук, доцент

Дербасова Н.М.

Д36 Нормирование и снижение загрязнения окружающей среды: учебно-методическое пособие к выполнению практических и лабораторных работ для студентов специальностей 05.03.06 Экология и природопользование, 20.03.02 Природообустройство и водопользование / Н.М. Дербасова, О.П. Гавриш. – Севастополь: СевГУ, 2021. – 95 с. – Текст : электронный.

Целью методических указаний является оказание помощи студентам дневной и заочной форм обучения в выполнении практических и лабораторных заданий по дисциплине «Нормирование и снижение загрязнения ОС».

Представлены методы расчетов максимальной концентрации загрязнений в приземном слое при горячих и холодных выбросах с одного источника, концентраций загрязняющего вещества на разных расстояниях от источника выбросов, предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ, коэффициента смешения сточных вод с водой водного объекта, концентраций загрязняющих веществ в очищенных сточных водах, предельно допустимых сбросов (ПДС).

УДК 504.064

Учебно-методическое пособие рассмотрено и утверждено на заседании ученого совета Института ядерной энергии и промышленности, протокол № 6 от 26 февраля 2021 г.

Практическая работа № 1

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ПРИ ГОРЯЧИХ ВЫБРОСАХ С ОДНОГО ИСТОЧНИКА

Цель работы: научиться определять максимальную концентрацию загрязнений в приземном слое с учетом характеристик источника выброса, мощности выброса при неблагоприятных метеорологических условиях.

Краткие теоретические сведения

Максимальное значение приземной концентрации загрязнений C_m (мг/м) при выбросе газовой смеси из одного источника с круглым устьем при неблагоприятных метеорологических условиях достигается на определенное расстояние X_m (м) от источника и определяется по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad (1.1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условие перемешивания примесей, он варьирует для разных географических районов от 140 до 250. Для района Крыма $A = 196$;

T – температура окружающего атмосферного воздуха, °C (принимается равной среднемаксимальной температуре воздуха наиболее жаркого месяца по СНиП 23.01.-99);

η – безразмерный коэффициент, который учитывает рельеф местности, для ровной местности с перепадом высот меньше или равным 50 м на 1 км $\eta = 1$;

m, n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из источника, которые вычисляются при помощи дополнительных параметров или устанавливаются по специальным графикам – номограммам;

ΔT – разность между температурой газовой смеси и температурой наружного воздуха, причем первая берется по технологическим нормативам для данного вида производства, а вторая принимается равной среднемаксимальной температуре воздуха наиболее жаркого месяца;

H – высота трубы над уровнем земли, м;

M – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, г/с;

- F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания веществ из атмосферы и принимаемый за 1 для газообразных веществ; для мелкодисперсных аэрозолей (пылей), зол, и т.п.), скорость оседания которых практически равна нулю, при степени очистки пылегазовых смесей от малых частиц 90 % принимается равным 2, при 75...90 % – 2,5; при < 75 % – 3;
- T_B – температура выбрасываемой газовой смеси, °C (берется по технологическим нормативам для данного вида производства);
- V_1 – объем газовой смеси, м³/с, поступающей от источника в атмосферу, определяемой по дополнительной формуле

$$V_1 = \frac{1}{4} \pi D^2 \omega_0, \quad (1.2)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

ω_0 – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с.

Если расчет ведется для группы источников, то берется их суммарный диаметр. Для источника с квадратным устьем D принимается равным стороне квадрата.

Значение коэффициента A , который отвечает неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация в воздухе максимальна, принимается равным 200 для районов, южнее 50° с.ш., 180 - для районов между 50° с.ш. и 52° с.ш., 160 - для районов, которые находятся южнее 52° с.ш.

При определении ΔT (°C) необходимо принимать температуру окружающей среды T_B (°C) равной средней максимальной температуре окружающего воздуха самого жаркого месяца года, а температуру смеси, которая выбрасывается T_G , следует принимать по нормативам данных производства.

Значение безразмерного коэффициента F принимают равным 1 для газовых выбросов и мелкодисперсных аэрозолей, скорость оседания которых равняется нулю. Для других аэрозолей $F = 2$ при эффективности очистки 75...90 %, $F = 3$ при отсутствии очистки.

Значение коэффициентов m и n определяется в зависимости от параметров f , V_m , V'_m , f_s :

$$f = 1000 \cdot \frac{w_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (1.3)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (1.4)$$

$$V'_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad (1.5)$$

$$f_e = 800 \cdot (V'_m)^3. \quad (1.6)$$

Коэффициент m определяется в зависимости от f по формуле

$$m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100; \quad (1.7)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100. \quad (1.8)$$

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от V_m по формулам

$$n = 1 \text{ при } V_m \geq 2; \quad (1.9)$$

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13 \text{ при } 0,5 < V_m < 2; \quad (1.10)$$

$$n = 4,4 \cdot V_m \text{ при } V_m \geq 2. \quad (1.11)$$

При горячих выбросах газа f практически всегда меньше 100.

Рекомендации к выполнению работы

При выполнении работы студенты получают индивидуальное задание, взятое из табл. 1.1, и пользуются формулами (1.1) – (1.11) и рекомендациями, приведенными выше, определяют концентрации загрязнений в приземном слое.

Т а б л и ц а 1.1

№	D , м	A	F	ω_0 , м/с	H , м	M , г/с	ΔT , °C
1	0,5	160	1	13	20	1	10
2	0,6	160	1	15	20	1	20
3	0,7	160	1	20	20	1	100
4	0,8	160	1	20	20	1	100
5	1,0	180	1	15	20	2	80
6	1,2	180	2	40	20	2	130
7	1,4	180	2	40	20	2	160
8	1,8	180	2	40	20	2	160
9	2,0	160	2	40	20	3	230
10	2,5	160	1	20	20	3	130
11	3,0	160	1	20	20	3	160
12	3,5	200	1	40	20	3	230
13	4,0	200	1	40	20	4	300
14	4,2	200	1	40	20	4	130

Окончание табл. 1.1

№	D , м	A	F	ω_0 , м/с	H , м	M , г/с	ΔT , °C
15	4,8	200	1	40	20	4	160
16	5,0	200	1	40	20	4	230
17	0,5	200	2	15	50	2	40
18	0,6	160	2	15	50	2	60
19	0,7	160	2	15	50	2	80
20	0,8	160	1	20	50	2	130
21	0,9	160	1	20	50	4	160
22	1,0	160	1	20	50	4	130
23	1,2	160	1	20	50	4	160
24	1,4	200	1	20	50	4	230
25	2,0	200	1	20	50	4	300

Практическая работа № 2

ОПРЕДЕЛЕНИЕ МАКСИМАЛЬНОЙ КОНЦЕНТРАЦИИ ЗАГРЯЗНЕНИЙ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ ПРИ ХОЛОДНЫХ ВЫБРОСАХ С ОДНОГО ИСТОЧНИКА

Цель работы: научиться определять максимальную концентрацию загрязнений с учетом высоты источника выброса, мощности выброса при неблагоприятных метеорологических условиях.

Краткие теоретические сведения

В тех случаях, когда выбросы холодные, то есть когда $\Delta T \approx 0$ при $f \geq 100$ и $V'_m \geq 0,5$, при расчете максимальной приземной концентрации при неблагоприятных метеорологических условиях используют формулу

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}} \cdot K, \quad (2.1)$$

где K – дополнительная величина, определяемая по формуле

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{7,1 \cdot \sqrt{\omega_0 V_1}}. \quad (2.2)$$

Коэффициенты и величины M , A , F , n , η , H те же, что и в практической работе № 1 (формула (1.1)).

Коэффициент n рассчитывается по формулам

$$n = 1 \text{ при } V'_m \geq 2; \quad (2.3)$$

$$n = 0,532 \cdot (V'_m)^2 - 2,13 \cdot V'_m + 3,13 \text{ при } 0,5 < V'_m < 2; \quad (2.4)$$

$$n = 4,4 \cdot V'_m \text{ при } V'_m < 0,5. \quad (2.5)$$

Рекомендации к выполнению работы

При выполнении работы следует пользоваться формулами (2.1) – (2.5) данной работы и формулами (1.3) – (1.6) из практической работы № 1. Данные для расчетов приведены в табл. 2.1.

Т а б л и ц а 2.1

№	D , м	A	F	ω_0 , м/с	H , м	M , г/с
1	0,5	160	1	5	20	1
2	0,6	180	1	5	20	1
3	0,7	200	2	5	20	1

Окончание табл. 2.1

№	<i>D</i> , м	<i>A</i>	<i>F</i>	ω_0 , м/с	<i>H</i> , м	<i>M</i> , г/с
4	0,8	160	1	10	20	1
5	0,9	160	1	10	20	2
6	1,0	180	1	10	20	2
7	1,2	200	1	10	50	3
8	1,4	200	1	10	50	3
9	1,6	180	2	8	50	4
10	1,8	180	1	8	50	4
11	2,0	160	1	8	50	5
12	2,5	160	1	7	75	6
13	3,0	200	2,5	7	75	7
14	3,5	200	1	7	75	7
15	4,0	160	1	7	75	8
16	4,2	160	1	10	100	9
17	4,8	160	1	10	100	10
18	5,0	160	1	10	100	11
19	6,0	160	1	10	100	12
20	6,5	180	1	12	100	12
21	7,0	180	1	12	150	14
22	8,0	160	1	12	150	14
23	8,4	160	1	12	150	15
24	9,0	160	1	12	150	16
25	10,0	160	1	12	150	16

Практическая работа № 3

ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩЕГО ВЕЩЕСТВА НА РАЗНЫХ РАССТОЯНИЯХ ОТ ИСТОЧНИКА ВЫБРОСОВ

Цель работы – научиться определять:

а) максимальное значение концентрации ЗВ в приземном слое атмосферы C_m с учетом характеристик источников выброса, мощности выбросов;

б) расстояние X_m , на котором достигается максимальная концентрация загрязнений в приземном слое при неблагоприятных метеорологических условиях для холодных и горячих выбросов;

в) концентрации загрязнений на разных расстояниях от источника выброса по оси факела выброса и по перпендикуляру к оси факела выброса.

Краткие теоретические сведения

Конечная цель нормирования состоит в том, чтобы, независимо от режимов антропогенных или природных факторов, максимальная концентрация примеси в воздухе не превышала ПДК в атмосферном воздухе конкретного населенного пункта. Для выполнения этого условия, прежде необходимо установить, какая фактическая C_m может сформироваться в воздухе и на каком расстоянии X_m от источника это произойдет. На рисунке 3.1 представлено распределение приземной концентрации ЗВ в атмосфере на оси факела выброса из источника.

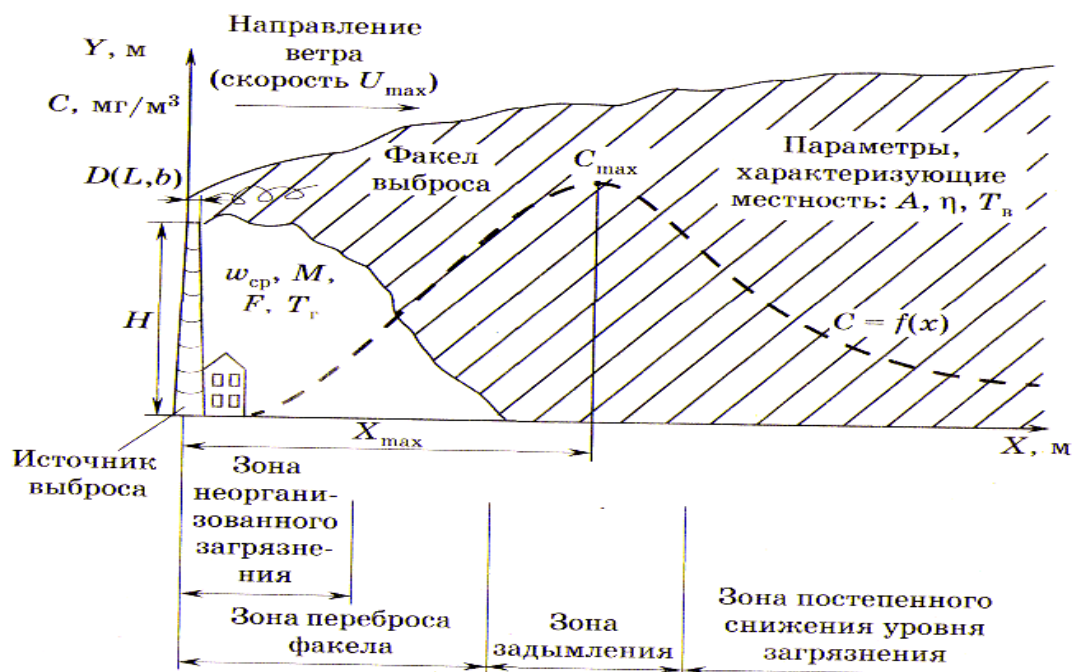


Рис. 3.1. Распределение приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на оси факела выброса из точечного источника

Источник выброса - труба промышленного предприятия при определенной скорости и направленности ветра образует факел выброса, который условно спроецирован на ось факела выброса – X_m .

Значение приземной концентрации зависит от параметров, характеризующих источник выбросов и местность.

Максимальная концентрация ЗВ в приземном слое C_m для нагретых выбросов и холодных определяется по формулам (1.1) и (2.1) соответственно.

На оси факела выброса выделяют 4 зоны загрязнения:

1) неорганизованного выброса (концентрация ЗВ имеет минимальные значения);

2) переброса факела (наблюдается постепенное увеличение концентрации ЗВ);

3) задымления (соответствует максимальным значениям концентраций ЗВ);

4) постепенного снижения уровня загрязнения.

Таким образом, концентрация загрязняющего вещества находится в прямой зависимости расстояния от источника. Расстояние X_m (м) от источника выброса, на которой приземная концентрация загрязнения C (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_m , определяется по формуле

$$X_m = \frac{5-F}{4} \cdot dH, \quad (3.1)$$

где d – безразмерный коэффициент, определяемый по дополнительным формулам для нагретых и холодных выбросов (согласно ОНД-86).

Безразмерные коэффициенты d при $f < 100$ находятся по формулам

$$d = 2,48 \cdot (1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}) \text{ при } V_m < 0,5; \quad (3.2)$$

$$d = 4,95 \cdot V_m (1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}) \text{ при } 0,5 < V_m < 2; \quad (3.3)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} (1 + 0,28\sqrt[3]{f_e}) \text{ при } V_m > 2. \quad (3.4)$$

При $f > 100$ или $\Delta T \approx 0$ значение d определяется по формулам

$$d = 5,7 \text{ при } V'_m < 0,5; \quad (3.5)$$

$$d = 11,4 \cdot V'_m \text{ при } 0,5 < V'_m < 2; \quad (3.6)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V'_m} \text{ при } V'_m > 2. \quad (3.7)$$

Для того чтобы определить влияние источника выброса на ОС, необходимо не только знание C_m и X_m , но и концентрации ЗВ на разных расстояниях от одиночного источника по оси факела и перпендикуляру до оси факела выброса. На рис. 3.2 представлено распределение приземной концентрации ЗВ в атмосфере на оси факела выброса точечного источника.

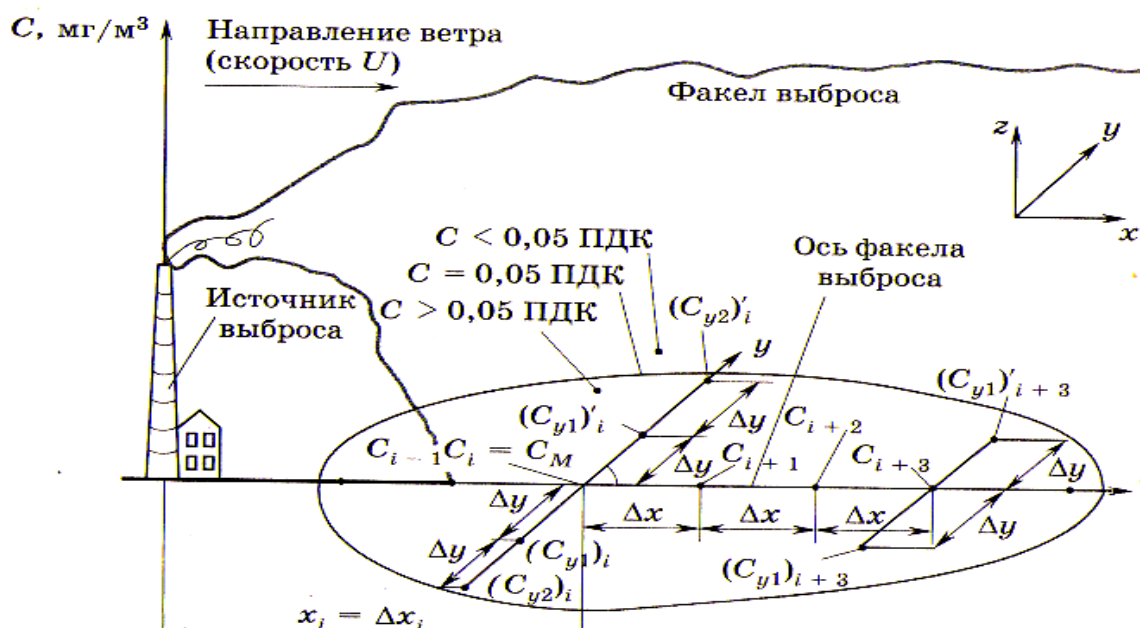


Рис. 3.2. Схема размещения расчетных точек при определении приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере под факелом выброса точечного источника

При неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ по оси факела выброса на разных расстояниях X (м) от источника выброса определяется по формуле

$$C = S_1 \cdot C_m, \quad (3.8)$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, который определяется в зависимости от соотношения X/X_m и коэффициента F по формулам

$$S_1 = 3 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^3 + 6 \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 \quad \text{при } \frac{X}{X_m} < 1; \quad (3.9)$$

$$S_1 = \frac{\frac{X}{X_m}}{3,58 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 - 3,52 \left(\frac{X}{X_m}\right) + 120} \quad \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } \frac{X}{X_m} > 8; \quad (3.10)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1 \cdot \left(\frac{X}{X_m}\right)^2 + 2,47 \left(\frac{X}{X_m}\right) - 17,8} \quad \text{при } F > 1,5 \text{ и } \frac{X}{X_m} > 8. \quad (3.11)$$

При низких и наземных источниках (высотой до 10 м) при значениях $X/X_m < 1$ величина S_1 в формуле меняется на величину S_1^H , которая определяется в зависимости от X/X_m и H по формуле

$$S_1^H = 0,125 \cdot (10 - H) + 0,125 \cdot (H - 2) \cdot S_1 \quad \text{при } 10 > H \geq 2. \quad (3.12)$$

Значения приземной концентрации вредных веществ в атмосфере на определенном расстоянии по перпендикуляру от оси факела выброса C_y (мг/м³) определяют по формуле

$$C_y = S_2 \cdot C, \quad (3.13)$$

где S_2 – безразмерный коэффициент, который определяется в зависимости от скорости ветра U (м/с) и отношения y/x по значению аргумента t_y , определяемого по формуле

$$t_y = \frac{U \cdot y^2}{x^2} \text{ при } 5 \geq U; \quad (3.14)$$

$$t_y = \frac{5 \cdot y^2}{x^2} \text{ при } U > 5; \quad (3.15)$$

$$S_2 = \frac{1}{(1+5 \cdot t_y + 12,8 \cdot t_y^2 + 17 \cdot t_y^3 + 45,1 \cdot t_y^4)^2}. \quad (3.16)$$

Рекомендации к выполнению работы

Используя формулы, определяют C_m и X_m для каждого варианта. Далее определяют значения концентрации загрязнения на разных расстояниях от источника выброса и заполняют табл. 3.1.

Т а б л и ц а 3.1

Зависимость концентраций загрязнений от расстояния источника выброса
(от отношения X/X_m)

X/X_m	0,01	0,02	0,05	0,1	0,5	1	2	5	10	50	100	200
C_m , мг/м ³												

После этого для 4 значений C , включая и C_m , определяют C_y на расстоянии 0,01; 0,1; 0,5; 1; 2 км от оси факела 0 - X. При этом для вариантов 1 - 5 выбирают скорость ветра $U = 3$ м/с, для вариантов 5 - 10 $U = 5$ м/с, для вариантов 11 - 15 выбирают $U = 8$ м/с, для вариантов 16 - 20 выбирают $U = 6$ м/с, для вариантов 21 - 25 выбирают $U = 4$ м/с. Полученные результаты заносят в табл. 3.2.

Т а б л и ц а 3.2

№	Расстояние по оси 0 - X, X/X_m , м	Концентрация по оси 0 - X, мг/м ³	Расстояние у по перпендикуляру до оси 0 - X, км				
			0,01	0,1	0,5	1	2

Исходные данные для решения задачи при холодных выбросах представлены в табл. 3.3.

Т а б л и ц а 3.3

Данные для решения задачи

№ п/п	D , м	A	F	ω_0 , м/с	H , м	M , г/с	Скорость вет- ра U , м/с
1	0,5	160	1	5	20	1	3
2	0,6	180	1	5	20	1	3
3	0,7	200	2	5	20	1	3
4	0,8	160	1	10	20	1	3
5	0,9	160	1	10	20	2	3
6	1,0	180	1	10	20	2	5
7	1,2	200	1	10	50	3	5
8	1,4	200	1	10	50	3	5
9	1,6	180	2	8	50	4	5
10	1,8	180	1	8	50	4	5
11	2,0	160	1	8	50	5	8
12	2,5	160	1	7	75	6	8
13	3,0	200	2,5	7	75	7	8
14	3,5	200	1	7	75	7	8
15	4,0	160	1	7	75	8	8
16	4,2	160	1	10	100	9	6
17	4,8	160	1	10	100	10	6
18	5,0	160	1	10	100	11	6
19	6,0	160	1	10	100	12	6
20	6,5	180	1	12	100	12	6
21	7,0	180	1	12	150	14	4
22	8,0	160	1	12	150	14	4
23	8,4	160	1	12	150	15	4
24	9,0	160	1	12	150	16	4
25	10	160	1	12	150	16	4

Нумерация вариантов согласно порядковому номеру в журнале успеваемости.

Практическая работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВЫБРОСОВ (ПДВ) ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы: научиться рассчитывать допустимые выбросы вредных веществ в атмосферу при известных фоновых концентрациях и уровнях ПДК.

Краткие теоретические сведения

ПДВ определяются для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях учета совместного вредного действия нескольких веществ.

При определении ПДВ учитываются фоновые концентрации C_{ϕ} .

Значение ПДВ (г/с) для одного источника выброса с круглым устьем в случае $C_{\phi} < \text{ПДК}$ определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta} \quad (4.1)$$

Показания $A, F, m, n, \eta, \Delta T, H, V_1$ – те же самые, что и в практической работе № 1.

В случае, когда $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$, ПДВ определяется по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^{3/4} \cdot 8 \cdot V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D} \quad (4.2)$$

Если фон в зоне влияния источника детализовано по двум градациям скорости ветра $C_{\phi 1}$ и $C_{\phi 2}$ соответственно скоростям ветра U_m и U_i , то для одиночного источника выброса сначала определяют вспомогательные значения M_i в каждой из градаций скорости ветра по следующим формулам

$$M_i = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi i}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta \cdot r_i} \quad \text{при } f < 100; \quad (4.3)$$

$$M_i = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi i}) \cdot H^{3/4} \cdot 8 \cdot V_1}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot r_i \cdot D} \quad \text{при } f \geq 100 \text{ или } \Delta T \approx 0, \quad (4.4)$$

где r_i – определяется исходя из следующих формул:

$$r_i = 0,67 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right) + 1,67 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right) - 1,34 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right) \quad \text{при } \left(\frac{U}{U_m}\right) \leq 1; \quad (4.5)$$

$$r_i = \frac{3 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right)}{2 \cdot \left(\frac{U}{U_m}\right)^2 - \left(\frac{U}{U_m}\right) + 2} \quad \text{при } \left(\frac{U}{U_m}\right) > 1. \quad (4.6)$$

При $i = 1$ $U = U_m$, $r_i = 1$. Если $C_{\phi 1}(i = 1) > C_{\phi 2}(i = 2)$, то $\text{ПДВ} = M_i(i = 1)$. Если $C_{\phi 1} < C_{\phi 2}$, то рассчитывают $M_2(i = 2)$. Как ПДВ принимают меньшее значение из M_1 и M_2 .

Рекомендации к выполнению работы

Используя данные, приведенные в таблице 4.1, формулы 4.1 – 4.6, формулы с практических работ № 1 и № 2, определяют ПДВ.

Т а б л и ц а 4.1

№	Вещество, которое выбра- сывается	D , м	A	F	ΔT	ω_0 , м/с	H , м	$C_{\phi 1}$, мг/м ³	$C_{\phi 2}$, мг/м ³	U/U_m
1	NO_x	4,8	160	1	10	40	50	0,10ПДК	0,15ПДК	0,2
2	CO	4,2	160	1	20	40	50	0,21ПДК	0,20ПДК	0,5
3	SO_2	3,5	180	1	100	40	50	0,21ПДК	0,20ПДК	1,0
4	SO_2	3,0	160	1	100	20	50	0,16ПДК	0,15ПДК	1,2
5	CO	2,5	160	1	80	20	20	0,17ПДК	0,20ПДК	2,0
6	CO	4,0	160	1	0	8	20	0,34ПДК	0,37ПДК	0,5
7	CO	3,5	160	1	0	8	50	0,45ПДК	0,50ПДК	1,2
8	CO	3,0	180	1	0	7	20	0,56ПДК	0,60ПДК	1,5
9	NO_x	2,5	160	1	0	7	20	0,12ПДК	0,15ПДК	2,0
10	NO_x	2,0	160	1	0	7	75	0,11ПДК	0,13ПДК	0,2
11	NO_x	2,0	160	1	130	40	75	0,02ПДК	0,05ПДК	0,5
12	SO_2	1,8	180	1	130	40	75	0,03ПДК	0,10ПДК	1,1
13	SO_2	1,4	160	1	160	40	30	0,14ПДК	0,20ПДК	0,2
14	CO	1,2	160	1	230	40	30	0,15ПДК	0,30ПДК	2,5
15	CO	1,0	180	1	300	20	30	0,23ПДК	0,30ПДК	3,0
16	NO_x	0,9	160	1	0	10	30	0,24ПДК	0,30ПДК	1,1
17	NO_x	0,8	160	1	0	10	20	0,17ПДК	0,20ПДК	1,3
18	CO	0,7	160	1	0	5	20	0,19ПДК	0,20ПДК	0,5
19	SO_2	0,6	160	1	0	5	20	0,18ПДК	0,20ПДК	2,7
20	NO_x	0,5	180	1	0	5	50	0,16ПДК	0,20ПДК	1,8
21	SO_2	1,0	160	1	100	15	50	0,23ПДК	0,30ПДК	0,5
22	CO	0,8	160	1	130	20	20	0,24ПДК	0,30ПДК	2,3
23	CO	0,7	160	1	100	20	15	0,36ПДК	0,30ПДК	2,1
24	NO_x	0,6	180	1	80	15	15	0,41ПДК	0,50ПДК	1,2
25	SO_2	0,5	160	1	80	13	15	0,42ПДК	0,50ПДК	0,8

Практическая работа № 5

РАСЧЕТ КОЭФФИЦИЕНТА СМЕШЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД С ВОДОЙ ВОДНОГО ОБЪЕКТА И ОПРЕДЕЛЕНИЕ КРАТНОСТИ РАЗБАВЛЕНИЯ СТОЧНЫХ ВОД

Цель работы: научиться определять коэффициент смешения сточных вод с водой водного объекта и кратность разбавления сточных вод для обоснования и расчета ПДК ЗВ в очищенных сточных водах и степени очистки.

Краткие теоретические сведения

Водный объект считается загрязненным, если показатели состава и свойства воды в нем изменились под прямым или косвенным влиянием производственной деятельности, бытового использования и стали частично или полностью непригодными хотя бы для одного из видов водопользования. Если же примеси (загрязняющие вещества) присутствуют в воде в пределах норм, то водный объект загрязненным не считается.

Таким образом, показатели загрязненности воды относятся к определенному месту и зоне водного объекта и конкретному виду водопользования.

Все водные объекты подразделяются на два вида водопользования (1-й вид – для нужд населения, 2-й вид – рыбохозяйственное водопользование), которые, в свою очередь, делятся на категории.

При сбросе сточных вод в водные объекты нормы качества воды водного объекта в расчетном створе, расположенном ниже выпуска сточных вод, должны соответствовать санитарным правилам в зависимости от вида водопользования. Расчетный (контрольный) створ – створ, отвечающий заранее заданным требованиям.

Нормы качества воды водного объекта включают в себя:

- общие требования к составу и свойствам воды в зависимости от вида водопользования;
- перечень ПДК нормированных веществ в воде водных объектов в зависимости от различных видов водопользования.

В расчетном створе вода должна удовлетворять нормативным требованиям. В качестве норматива используется ПДК и учитывается эффект суммации загрязняющих веществ.

Все вредные вещества, для которых определены ПДК, разделены по лимитирующим показателям вредности (ЛПВ). Принадлежность веществ к одному и тому же ЛПВ предполагает суммацию действия этих веществ на водный объект.

Вещества, концентрация которых изменяется в воде водного объекта только путем разбавления, называются консервативными. Вещества, концентрация которых изменяется как под действием разбавления, так и вследствие химических, физико-химических и биологических процессов, – неконсервативными.

Совокупность разбавления и самоочищения составляет обезвреживающую способность водного объекта.

При сбросе сточных вод в водные объекты расчетный створ устанавливается:

- для хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования на водотоках на 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования;
- для рыбохозяйственного водопользования в каждом конкретном случае, но не дальше 500 м от места сброса сточных вод.

На рис. 5.1 представлена ситуационная схема для водотоков двух видов водопользования, направление течения обозначено стрелкой.

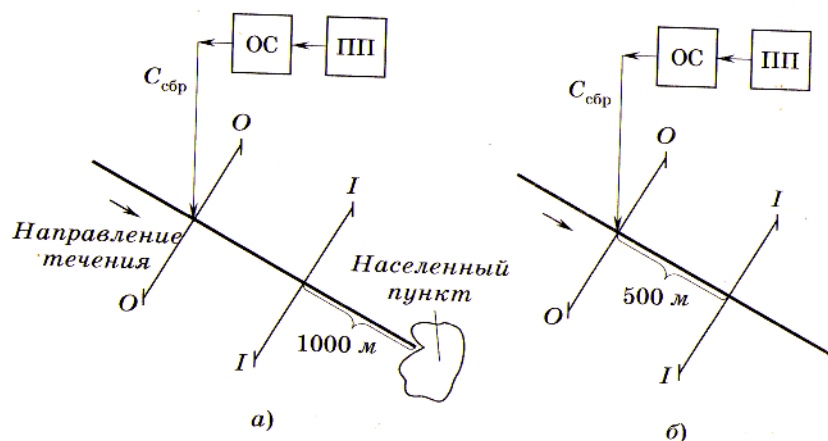


Рис. 5.1. Ситуационная схема для водотока:
а) хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования;
б) рыбохозяйственного водопользования

На рисунке обозначено:

ПП – промышленное предприятие;

ОС – очистные сооружения;

О-О – нулевой створ (участок водотока, отвечающий определенным заданным наперед требованиям);

I-I – расчетный створ;

$C_{сбр}$ – концентрация ЗВ в сбросе

Основной механизм снижения концентрации ЗВ при сбросе сточных вод в водные объекты – разбавление. В практике расчетов используют понятие «кратность разбавления». **Кратность разбавления** показывает, во сколько раз сточные воды разводятся водой водного объекта за время их движения к расчетному створу.

Кратность разбавления (n) в водотоке у расчетного створа определяется по формуле

$$n = \frac{g_{cm} + \gamma \cdot Q}{g_{cm}}, \quad (5.1)$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий какая часть природной воды, участвует в разбавлении сточных вод;

Q – расчетный минимальный среднемесячный расход воды в расчетном створе 95-процентной обеспеченности, м³/с;

g_{cm} – максимальный расход сточных вод, который определяется расчетом либо замером в течение года, м³/с.

При сбросе сточных вод в водный объект полного смешения не происходит.

Степень смешения зависит от соотношения объемов природной и сточной вод, от скорости течения водного объекта, его глубины, извилистости, расстояния сброса до расчетного створа.

Коэффициент γ определяется по формуле Фролова - Радзиллера:

$$\gamma = \frac{L - \exp(\alpha^3 \sqrt{1})}{L + \left(\frac{Q}{g_{cm}}\right) \cdot \exp(\alpha^3 \sqrt{1})}; \quad (5.2)$$

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

α – коэффициент, учитывающий гидравлические условия смешения, определяется по формуле

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{g_{cm}}}, \quad (5.3)$$

где φ – коэффициент извилистости водотока, т.е. отношение расстояний между рассматриваемыми створами водотока по фарватеру к расстоянию по прямой;

ξ – коэффициент, зависящий от расположения выпуска сточных вод в водоток, принимаемый равным 1 при береговом и 1,5 при выпуске сточных вод в фарватер;

D – коэффициент турбулентной диффузии для равнинных рек, определяется по формуле

$$E = \frac{V_{cp} \cdot H_{cp}}{200}, \quad (5.4)$$

где V_{cp} – средняя скорость течения, м/с;

H_{cp} – средняя глубина, м.

Рекомендации для выполнения работы

При выполнении работы студенты получают индивидуальные задания, представленные в табл. 5.1, рассчитывают коэффициент смешения сточных вод с водой водного объекта и кратность разбавления сточных вод и делают выводы о факторе разбавления. Нумерация вариантов - согласно порядковому номеру в журнале успеваемости.

Т а б л и ц а 5.1

Исходные данные для расчета коэффициента смешения сточных вод с водой водного объекта и определения кратности разбавления сточных вод

№	Расчетный минимальный среднемесячный расход воды 95-процентной обеспеченности Q , м ³ /с	Максимальный расход сточных вод, $q_{ст}$, м ³ /с	Средняя скорость течения $V_{ср}$, м/с	Средняя глубина водного объекта $H_{ср}$, м	Коэффициент извилистости водотока φ	Расположение выпуска сточных вод в водотоке	Категория водопользования	
							культурно-бытовое	рыболовственное
							Расстояние от места выпуска сточных вод до населенного пункта, м	Расстояние от места выпуска сточных вод до контр. створа, м
1	37	1,3	1,4	1,1	1,2	береговой	1300	
2	37	1,3	1,5	1,5	1,2	русловый		500
3	50,6	1,3	2,42	1,2	1,0	береговой	1700	-
4	35	1,5	0,8	1,3	1,0	русловый	1700	
5	35	1,5	1,4	1,2	1,2	береговой	1700	
6	37	1,7	1,4	1,5	1,2	русловый		500
7	37	1,9	1,4	2,0	1,0	береговой	1100	
8	35	2,1	1,4	1,3	1,0	русловый	1050	
9	35	2,1	1,5	1,2	1,2	береговой	1300	
10	37	2,0	2,42	1,5	1,2	береговой		400
11	37	2,0	0,8	2,0	1,0	русловый	1700	
12	35	2,3	1,4	1,3	1,0	русловый	1700	
13	35	2,3	1,4	1,2	1,2	русловый	1700	
14	37	1,7	1,4	1,5	1,2	русловый		500
15	37	1,8	1,4	2,0	1,0	береговой	1100	
16	35	1,6	1,5	1,3	1,0	береговой	1050	
17	35	1,6	2,42	1,2	1,2	русловый	1300	
18	37	1,5	0,8	1,5	1,2	русловый		150
19	37	1,5	1,4	2,0	1,0	русловый	1700	
20	35	1,4	1,4	1,3	1,0	береговой	1700	
21	35	1,4	1,4	1,2	1,2	береговой	1700	
22	37	2,0	1,4	1,5	1,2	русловый		500
23	37	2,0	1,5	2,0	1,0	береговой	1100	
24	35	1,5	2,42	1,5	1,0	береговой	1050	
25	35	1,5	0,8	2,0	1,2	русловый	1700	

Практическая работа № 6

ОБОСНОВАНИЕ И РАСЧЕТ КОНЦЕНТРАЦИЙ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ В ОЧИЩЕННЫХ СТОЧНЫХ ВОДАХ И СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ

Цель работы: освоить методику расчета концентраций ЗВ в контрольном створе перед расчетным пунктом водопользования, максимально допустимой концентрации взвешенных веществ в сточных водах предприятия после очистки и необходимой степени очистки.

Краткие теоретические сведения

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

- определение концентрации вредного вещества в контрольном створе перед расчетным пунктом водопользования;
- определение максимально допустимой концентрации взвешенных веществ в сточных водах предприятия после очистки $C_{оч}$ и требуемой эффективности очистки вод $\mathcal{E}_{взв.в}$ на очистных сооружениях.

Эти задачи решаются как для проточных, так и для непроточных водоемов.

Схемы расположения контрольного створа в водотоке и контрольной зоны в непроточном водоеме при нормировании содержания загрязняющих веществ в воде представлены на рис. 6.1.

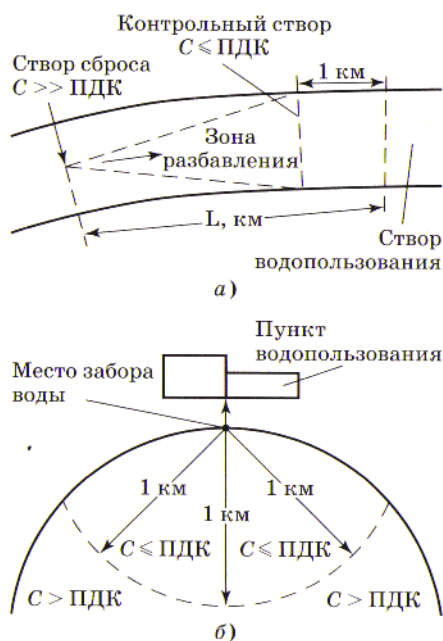


Рис. 6.1. Схемы расположения контрольного створа в водотоке (а) и контрольной зоны в непроточном водоеме (б) при нормировании содержания загрязняющих веществ в воде

В качестве примера рассмотрим ситуации, связанные с проточными водоемами (водотоками).

Задача по определению $C_{ППВ}$ концентрации ЗВ в контрольном створе перед расчетным пунктом водопользования, решается с помощью уравнения

$$C_{ППВ} = \frac{g_{ст} \cdot C_{ст} + \gamma Q \cdot C_{\phi}}{g_{ст} + \gamma Q}, \quad (6.1)$$

где $C_{ППВ}$ – концентрация данного вещества в контрольном створе перед расчетным пунктом водопользования, мг/л;

Q и $g_{ст}$ – расход воды соответственно в проточном водоеме (реке, канале) и сточных водах, м³/с;

γ – коэффициент смешивания, учитывающий особенности водотока;

C_{ϕ} – концентрация примесей в воде водотока, мг/л;

$C_{ст}$ – концентрация ЗВ в сточных водах, поступающей на очистные сооружения, мг/л.

Если рассчитанная концентрация примеси в контрольном створе не превышает ПДК, то есть $C_{ППВ}$ равна или меньше ПДК, то ситуация признается допустимой.

В случае превышения $C_{ППВ}$ ПДК сброс таких вод недопустим и требуется снижение интенсивности сброса. Необходимо принимать меры по уменьшению количества сточных вод или содержания в них загрязняющих веществ с помощью технологических приемов (сокращения потребления воды, совершенствования технологии очистки воды и т.д).

Допустимая концентрация взвешенных веществ в очищенной сточной воде, сбрасываемой предприятием после очистки $C_{оч}$, определяется по формуле

$$C_{оч} = K_{разр} \cdot \left(\frac{\gamma Q}{g_{ст}} + 1 \right) + C_{\phi}, \quad (6.2)$$

где $K_{разр}$ – допустимое увеличение содержания взвешенных веществ в водном объекте после сброса сточных вод определяется в соответствии с «Правилами охраны поверхностных вод» (содержание взвешенных веществ в воде водоемов после сбрасывания сточных вод не должно возрастать больше, чем на 0,25 и 0,75 мг/л для водоемов первой и второй категорий соответственно хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования);

Q и $g_{ст}$ – расход воды соответственно в проточном водоеме и сточных водах, м³/с;

γ – коэффициент смешивания, учитывающий особенности водотока;

C_{ϕ} – концентрация примесей в воде водотока, мг/л.

Для достижения $C_{оч}$ необходимо, чтобы очистные сооружения обеспечивали необходимую эффективность очистки сточных вод $\mathcal{E}_{взв.в.}$, определяемую по формуле

$$\mathcal{E}_{взв.в.} = \frac{C_{см} - C_{оч}}{C_{см}}. \quad (6.3)$$

Рекомендации для выполнения работы

При выполнении работы студенты получают индивидуальные задания, представленные в табл. 6.1, 6.2, 6.3, рассчитывают:

1) концентрацию ЗВ в контрольном створе $C_{ппв}$ перед расчетным пунктом водопользования;

2) максимально допустимую концентрацию взвешенных веществ в сточных водах предприятия после очистки $C_{оч}$, разрешенную к сбросу в водоток и необходимую эффективность очистки сточной воды $\mathcal{E}_{взв.в.}$ по вариантам для условий.

Нумерация вариантов - согласно порядковому номеру в журнале успеваемости.

Т а б л и ц а 6.1

Предельно допустимые концентрации вредных веществ в воде водоемов рыбохозяйственного назначения

Магний	40
Фенолы	0,001
Медь	0,001

Т а б л и ц а 6.2

Класс опасности и ПДК в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

Нитраты (NO_3^-)	3	45
Бензол	2	0,5
Железо	3	0,3

Т а б л и ц а 6.3

Варианты параметров

№ вар.	Расход воды в проточ- ном водоеме, Q , (м ³ /с)	Расход сточных вод объекта, $Q_{ст}$, (м ³ /с)	Концентра- ция ЗВ в сточных водах, по- ступающих на очистные сооружения, $C_{ст}$, мг/л	Концентра- ция примесей в воде водотока, $C_{ф}$, мг/л	Кoeffици- ент смешивания γ	Категории водопользова- ния водного объекта	Вещество, определяе- мое в контроль- ном створе
1	15	0,5	200	3	0,67	Используй- вание для целей рыбного хозяйства	Магний
2	15	0,5	200	3	0,67		Фенолы
3	15	0,5	200	4	0,67		Медь
4	15	0,5	200	4	0,67		Магний
5	15	0,5	200	2	0,67		Фенолы
6	30	0,8	250	6	0,67		Медь
7	30	0,8	250	6	0,67		Магний
8	30	0,8	250	5	0,67		Фенолы
9	30	0,8	250	5	0,67		Медь
10	30	0,8	250	7	0,67		Магний
11	40	1,2	190	5	0,67	Используй- вание для нужд населения	Нитраты
12	40	1,2	190	5	0,67		Бензол
13	40	1,2	190	5	0,67		Железо
14	40	1,2	170	4	0,67		Нитраты
15	40	1,2	175	4	0,67		Бензол
16	45	1,5	160	3	0,67		Железо
17	45	1,7	165	3	0,67		Нитраты
18	45	1,75	180	4	0,67		Бензол
19	45	1,8	115	2	0,67		Железо
20	45	2,0	130	2	0,67		Железо

Практическая работа № 7

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМОГО СБРОСА ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В ВОДНЫЙ ОБЪЕКТ СО СТОЧНЫМИ ВОДАМИ

Цель работы: научиться определять величины предельно допустимого сброса вредных веществ на основе совокупности фактических и расчетных данных: гидрологических, гидрохимических характеристик водных объектов, характеристик сточных вод, нормативов качества воды в пунктах водопользования.

Краткие теоретические сведения

Предельно допустимый сброс вредного вещества (ПДС) – это масса вещества в сточных водах, максимально допустимая к отведению с установленным режимом в данном пункте водного объекта в единицу времени в целях обеспечения норм качества воды в контрольном пункте (ГОСТ 17.1.1.01 - 77 (Охрана природы. Гидросфера. Использование и охрана вод. Основные термины и определения).

Величины ПДС разрабатываются и утверждаются для действующих и проектируемых предприятий-водопользователей.

Нормативы ПДС вредных веществ в водные объекты, образующихся либо используемых в процессе производства и хозяйственной деятельности водопользователя, устанавливаются для каждого выпуска сточных вод, исходя из условий недопустимости превышения ПДК вредных веществ в установленном контрольном створе на участке водного объекта с учетом его целевого использования, а при превышении ПДК в контрольном створе – исходя из условий сохранения (не ухудшения) состава и свойства воды в водных объектах, сформировавшихся под воздействием природных факторов.

ПДС устанавливается с учетом:

- 1) фоновой концентрации C_{ϕ} (фоновая концентрация вещества характеризует его присутствие в створе водного объекта, в данном случае непосредственно перед местом сброса, и свидетельствует о влиянии всех источников сброса, без учета того, для которого производится расчет ПДС вещества);
- 2) ассимиляционной способности водного объекта (способность к самоочищению) и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ;
- 3) степени смешивания сточных вод с водой водного объекта;
- 4) кратности разбавления сточных вод;
- 5) норм качества воды и ПДК веществ в контрольном створе;
- 6) процессов природного самоочищения воды от примесей, если эти процессы достаточно выражены, а их закономерности – изучены;
- 7) характера сточных вод, расхода и режима подачи.

Величина ПДС (г/с, г/ч, т/год) с учетом требований к составу воды в водном объекте определяется по формуле

$$ПДС = g_{ст} - C_{доп.к.створ}, \quad (7.1)$$

где $g_{ст}$ – расход сточных вод (обычно среднечасовой), м³/ч;
 $C_{доп.к.створ}$ – предельно допустимая концентрация вредного вещества в сточных водах в контрольном створе, г/м³.

Фактический сброс $M_{факт}$ вредного вещества сопоставляется с ПДС:
 $M_{факт} \leq ПДС$ и определяется по формуле

$$M_{факт} = g_{ст} \cdot C_{ст}, \quad (7.2)$$

где $g_{ст}$ – расход сточных вод (обычно среднечасовой), м³/ч;
 $C_{ст}$ – фактическая концентрация вредного вещества в сточных водах, г/м³.

При заданных и известных характеристиках водотока для прогноза его санитарного состояния в контрольном створе $C_{к.створ}$ концентрация ЗВ перед расчетным пунктом водопользования определяется по формуле

$$C_{к.створ} = \frac{g_{ст} \cdot C_{ст} + \gamma Q \cdot C_{ф}}{g_{ст} + \gamma Q},$$

где $C_{к.створ}$ – концентрация данного вещества (в контрольном створе) перед расчетным пунктом водопользования, мг/л;

Q и $g_{ст}$ – расход воды соответственно в проточном водоеме (реке, канале) и сточных водах, м³/с;

γ – коэффициент смешивания, учитывающий особенности водотока;

$C_{ф}$ – концентрация примесей в воде водотока, мг/л;

$C_{ст}$ – концентрация ЗВ в сточных водах, поступающих в водоток, мг/л.

При предварительном выборе места выпуска сточных вод в водный объект одним из показателей допустимости того или иного решения является кратность разбавления.

Кратность разбавления в водотоке у расчетного створа определяется по формуле

$$n = \frac{\gamma Q + g_{ст}}{g_{ст}},$$

где γ – коэффициент смешения, показывающий, какая часть природной воды участвует в разбавлении сточных вод;

Q – расчетный минимальный среднемесячный расход воды 95-процентной обеспеченности, м³/с;

$g_{ст}$ – максимальный расход сточных вод, который определяется расчетом либо замером в течение года, м³/с.

Кратность разбавления в контрольной зоне непроточного водоема определяется по формуле

$$n = \frac{(C_{ст} - ПДК)}{(ПДК - C_{ф})}.$$

Зная, либо задавая кратность разбавления, можно рассчитать максимально допустимую концентрацию вещества в сточных водах в контрольном створе по формуле

$$C_{к.створ}^{доп} = (n - 1)(ПДК - C_{ф}) + ПДК$$

Рекомендации для выполнения работы

При выполнении работы студенты получают индивидуальные задания, представленные в табл. 7.1. Рассчитывают ПДС и результаты расчетов оформляют в табл. 7.2.

Т а б л и ц а 7.1

Варианты параметров

№ вар.	Расход воды в проточном водоеме, $Q, м^3/с$	Расход сточных вод объекта, $g_{ст}, м^3/с$	Концентрация ЗВ в сточных водах, поступающих на очистные сооружения, $C_{ст}, мг/л$	Концентрация примесей в воде водотока, $C_{ф}, мг/л$	Коэффициент смешивания, γ	Категории водопользования водного объекта	Вещество, определяемое в контрольном створе
1	15	0,5	200	3	0,67	Использование для целей рыбного хозяйства непроточный водоем	Магний
2	15	0,5	200	3	0,67		Фенолы
3	15	0,5	200	4	0,67		Медь
4	15	0,5	200	4	0,67		Магний
5	15	0,5	200	2	0,67		Фенолы
6	30	0,8	250	6	0,67		Медь
7	30	0,8	250	6	0,67		Магний
8	30	0,8	250	5	0,67		Фенолы
9	30	0,8	250	5	0,67		Медь
10	30	0,8	250	7	0,67		Магний
11	40	1,2	190	5	0,67	Использование для нужд населения водоток	Нитраты
12	40	1,2	190	5	0,67		Бензол
13	40	1,2	190	5	0,67		Железо
14	40	1,2	170	4	0,67		Нитраты
15	40	1,2	175	4	0,67		Бензол
16	45	1,5	160	3	0,67		Железо
17	45	1,7	165	3	0,67		Нитраты
18	45	1,75	180	4	0,67		Бензол
19	45	1,8	115	2	0,67		Железо
20	45	2,0	130	2	0,67		Железо

Т а б л и ц а 7.2

Результаты расчетов ПДС

Показатели состава сточных вод	Существующее положение			Нормативы сбросов ЗВ		
	Расход сточных вод	Фактическая концентрация в контрольном створе	Сброс	Расход сточных вод	Допустимая концентрация в контроль- ном створе	Сброс
	м ³ /ч	мг/л	г/ч	м ³ /ч	мг/л	г/ч

Лабораторная работа № 1

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ СТАЦИОНАРНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы: научиться определять величины массы выброса загрязняющих веществ в атмосферу с газообразными продуктами сгорания при сжигании органического топлива.

Краткие теоретические сведения

Расчёты предназначены для определения выброса загрязняющих веществ в атмосферу с газообразными продуктами сгорания при сжигании органического топлива (например, в котлоагрегатах котельной, в плавильных печах металлургических предприятий).

Энергетические установки работают на различных видах топлива (твёрдом, жидком и газообразном). Выбросы загрязняющих веществ зависят как от количества и вида топлива, так и от типа устройства.

Учитываемыми загрязняющими веществами, выделяющимися при сгорании топлива, являются: твёрдые частицы, оксид углерода, оксиды азота, сернистый ангидрид (диоксид серы), пентоксид ванадия.

На энергетических установках используется твёрдое, жидкое и газообразное топливо.

Твёрдое топливо. В теплоэнергетике используют угли (бурые, каменные, антрацитовый штыб), горючие сланцы и торф.

Угли подразделяются на марки: А – антрацит; Б – бурый; Г – газовый; Д – длиннопламенный; Ж – жирный; ГЖ – газовые жирные; КЖ – коксовые жирные; К – коксовый; ОС – отощенный спекающийся; СС – слабоспекающийся; Т – тощий. В основу такого подразделения положены параметры характеризующие поведение углей в процессе термического воздействия на них. Самая низкая теплота сгорания у бурых углей, а самая высокая – у антрацитов.

По фракциям различают: П – (плита) более 100 мм; К – (крупный) 50 - 100 мм; О – (орех) 25 - 50 мм; М – (мелкий) 13 - 25 мм; С – (семечка) 6 - 13 мм; Ш – (штыб) 0 - 6 мм; р – (рядовой) шахтный 0 - 200 мм, к – карьерный 0 - 300 мм.

Фракция данной марки угля определяется исходя из меньшего значения самой мелкой фракции и большего значения самой крупной фракции, указанной в названии марки угля. Так, например, фракция марки ДКОМ (Д – длиннопламенный, К – 50 - 100, О – 25 - 50, М – 13 - 25 мм) составляет 13 - 100 мм.

Марки угля Д, Г и антрациты находят свое применение, как правило, в котельных, т.к. они могут гореть без поддува. В черной металлургии используются обычно марки Г, Ж для производства сталей и чугуна. Марки угля СС, ОС, Т применяются для получения электрической энергии, т.к. они име-

ют большую теплоту сгорания, но сжигание данного вида углей связано с технологическими трудностями, которые оправданы лишь в случае необходимости большого количества угля. Тощие трудновоспламеняемые угли используют как топливо для электровозов. Для *полукоксования* и *производства цемента, извести, кирпича* предназначены угли марок Б (ЗБ), Д и ДГ.

В процессе сжигания топлива часть его переходит в оксиды серы (SO_2 , SO_3), азота (NO и NO_2) и углерода (CO и CO_2), основная часть минеральной составляющей превращается в летучую золу или сажу, уносимую дымовыми газами, а меньшая часть минеральной составляющей образует шлак.

Источником оксидов азота NO_x на ТЭС, кроме азотосодержащих компонентов топлива, является молекулярный азот воздуха.

Жидкое топливо. В теплоэнергетике применяются мазут (малосернистый, сернистый, высокосернистый), сланцевое масло, дизельное и котельно-печное топливо.

В жидком топливе отсутствует пиритная сера, сера находится преимущественно в виде органических соединений, элементарной серы и сероводорода H_2S . Ее содержание зависит от сернистости нефти, из которой получен мазут. В состав золы мазута входят пентоксид ванадия V_2O_5 , а также Ni_2O_3 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Si_2O_3 , MqO и др. оксиды. Зольность энергетических мазутов значительно ниже, чем углей ($<0,3\%$). При неполном сгорании жидкого топлива в дымовых газах образуются липучие частицы сажи, которые способны адсорбировать бенз(а)пирен, в результате чего ее частицы приобретают канцерогенные свойства.

Газообразное топливо. Природный газ - топливо беззольное, как правило, не содержит и соединений серы. При полном его сгорании из токсичных веществ образуются только оксиды азота (NO и NO_2) и диоксид углерода CO_2 , при неполном сгорании - оксид углерода CO и некоторые углеводороды (C_xH_y , бенз(а)пирен).

Водород. В настоящее время развивается водородная энергетика, поскольку водород (H_2) является наиболее экологически чистым видом топлива.

Теплотворная способность различных видов топлива неодинакова:

$$\begin{aligned} Q_{\text{угля}} &= 19600 \text{ кДж/кг}; \\ Q_{\text{мазут}} &= 38800 \text{ кДж/кг}; \\ Q_{\text{газа}} &= 36100 \text{ кДж/кг}; \\ Q_{\text{водорода}} &= 143000 \text{ кДж/кг}. \end{aligned}$$

Следовательно, 1 кг угля в энергетическом отношении равноценен 0,51 кг мазута, 0,54 кг газа и 0,13 кг водорода.

Рекомендации для выполнения работы

Расчет массы выброса загрязняющих веществ. Масса выбрасываемых котельным агрегатом или другим видом теплогенератора токсичных веществ в общем случае рассчитывается по формуле

$$M = V \cdot q, \quad (1.1)$$

где M - количество загрязняющего вещества, г/с;

V - объем выбросных газов, м³/с;

q - концентрация загрязняющего вещества в газе, г/м³.

При сжигании топлива объем выбросных (дымовых) газов зависит от вида и качества топлива, а также от коэффициента избытка воздуха - α (приложение, табл. П. 1). Объем продуктов сгорания на единицу массы сжигаемого топлива рассчитывается по эмпирическим уравнениям, приведенным в табл.1.1, либо берется из технических характеристик используемого топлива в % (приложение, табл. П. 2).

Таблица 1.1 - Расчетные характеристики различных видов топлива

Вид топлива	Марка топлива	Объем продуктов сгорания при нормальных условиях, $^1V_0$ м ³ /кг	Содержание			Низшая теплота сгорания Q^p_H , кДж/кг
			серы S^r , %	зольность $^2A^p$, %	азота N^p , %	
1	2	3	4	5	6	7
Уголь:						
Донецкий бассейн	Д	$5,86+5,44(\alpha-1)$	4,6	10,0	1,0	19600
	Г	$5,65+5,19(\alpha-1)$	3,3	23,0	1,0	22100
	Ж	$5,16+4,77(\alpha-1)$	2,5	35,5	0,9	18000
	АШ	$6,32+6,04(\alpha-1)$	1,7	27,0	0,6	22600
Кузнецкий бассейн	Д	$6,58+6,02(\alpha-1)$	0,3	13,2	1,9	22300
	Г	$7,42+6,88(\alpha-1)$	0,5	11,0	1,7	26100
	СС	$6,73+6,26(\alpha-1)$	0,3	13,2	1,5	23900
	Т	$7,22+6,83(\alpha-1)$	0,4	16,8	1,5	26200
Подмосковный бассейн	2Б	$3,62+3,03(\alpha-1)$	2,7	25,2	0,6	10400
Экибастузский бассейн	СС	$4,96+4,67(\alpha-1)$	0,8	32,6	0,8	15800
Торф	-	$3,30+2,38(\alpha-1)$	0,1	6,3	1,1	8110
Мазут:						
малосернистый	-	$12,50+10,62(\alpha-1)$	0,5	0,02	-	39700
высокосернистый	-	$12,10+10,46(\alpha-1)$	2,8	0,02	-	38800
Природный газ:						
ставропольский	-	$10,49+9,49(\alpha-1)$	-	-	2,6	37000
шебелинский	-	$10,46+9,52(\alpha-1)$	-	-	1,5	37000
саратовский	-	$10,73+9,52(\alpha-1)$	-	-	3,0	36100

^1V – летучие вещества, являются показателем качества, характеризующими пригодность топлива для энергетических или технологических целей, воспламеняемость топлива и быстроту его сгорания (чем выше в топливе выход летучих веществ, тем оно имеет меньшую температуру воспламенения);

^2A – зола, является негорючим остатком минеральных примесей, получающимся после сгорания топлива, ее наличие понижает качество топлива, увеличивает расходы на транспортировку и удаление золы из топок.

Количество оксидов азота в дымовых газах находится в сложной зависимости от энергетических свойств топлива, температуры сгорания, времени пребывания продуктов сгорания в высокотемпературной зоне, коэффициента избытка воздуха. В первом приближении для котельных агрегатов его можно принять равным (в мг NO₂ на каждый м³ дымовых газов): 120 - 150 (каменный уголь), 160 - 220 (мазут), 200 - 250 (природный газ). Далее, исходя из объема продуктов сгорания и количества сжигаемого топлива, рассчитывается количество образовавшихся оксидов азота.

Пример 1. Рассчитать объем (в м³/с) дымовых газов и массу (выброс в г/с) NO₂, содержащегося в продуктах сгорания 2,3 т/час высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,23.

Решение. Рассчитаем объем (в м³/с) дымовых газов при нормальных условиях, используя данные табл.1.1:

$$V = V_0 \cdot B = [12,10 + 10,46(\alpha - 1)] \cdot B = [12,10 + 10,46(1,23 - 1)] \cdot \frac{2,3 \cdot 10^3}{3600} = 9,27 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Определим секундный выброс диоксида азота, принимая, что в каждом кубическом метре дымовых газов содержится 200 мг NO₂:

$$M(\text{NO}_2) = \frac{9,27 \cdot 200}{1000} = 1,85 \text{ г/с}.$$

Расчет количества оксидов серы в пересчете на SO₂ (т/год, т/ч, г/с), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами при сжигании органического топлива в технологическом процессе в единицу времени выполняется по формуле

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{\text{SO}_2}) \cdot (1 - \eta'_{\text{SO}_2}), \quad (1.2)$$

где B - расход топлива (т/год, т/ч, г/с);

S^r - содержание серы в топливе (масс, %), приведенное в табл.1.3;

η_{SO_2} - доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле (табл. 1.4);

η'_{SO_2} - доля оксидов серы, улавливаемых в мокром золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц. Доля оксидов серы, улавливаемых в сухих золоуловителях (электрофильтрах, батарейных циклонах), принимается равной нулю, в мокрых золоуловителях (скрубберы) эта доля зависит от общей щелочности орошающей воды и приведенной сернистости топлива $S^n = 10^3 \cdot S^r / Q_H^P$. Для принятых на ТЭС удельных расходов воды на орошение золоуловителей 0,1 - 0,15 л/м³ эта зависимость показана на диаграмме (рис. 1.1).

Таблица 1.2 - Ориентировочные значения η_{SO_2} при сжигании различных видов топлива

Вид топлива	Доля оксидов серы, связываемых летучей золой, η_{SO_2}
Уголь	0,1
Сланцы	0,50
Мазут	0,02
Газ	0,00
Торф	0,15

Пример 2. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (выброс в г/с), образующегося при полном сгорании 240 т/ч каменного угля Донецкого бассейна марки Г при отсутствии очистки.

Решение.

Переведем расход топлива из т/ч в г/с: $240 \text{ т/ч} = \frac{240 \cdot 10^6}{3600} \text{ г/с}$.

Используя формулу (1.6) и данные табл. 1.3 ($S^r = 3,3 \%$) и 1.4 ($\eta_{\text{SO}_2} = 0,1$), находим массу SO_2 (секундный выброс):

$$M_{\text{SO}_2} = 0,02B S^r (1 - \eta_{\text{SO}_2}) = 0,02 \cdot \frac{240 \cdot 10^6}{3600} \cdot 3,3 \cdot (1 - 0,1) = 3960 \text{ г/с}.$$

Пример 3. Котельная сжигает 200 т/сут. Донецкого угля марки Д, коэффициент избытка воздуха (α) равен 1,25. Рассчитать количество SO_2 (в г/с), выделяющееся при работе котельной. Сравнить и оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на мазут высокосернистый с сохранением производственной мощности котельной (сравнение только по SO_2).

Решение.

1. Определим количество диоксида серы в пересчете на SO_2 (в г/с) в дымовых газах котельной

$$\text{Пересчитаем расход топлива } B \text{ из т/сут. в г/с: } 200 \text{ т/сут.} = \frac{200 \cdot 10^6}{24 \cdot 3600} = 2314,8 \text{ г/с}$$

S^r - содержание серы в топливе (масс,%), по табл. 1.3 для Донецкого угля марки Д = 4,6 %. Низшая теплота сгорания $Q_{\text{HV}}^p = 19600 \text{ кДж/кг}$.

$\eta(\text{SO}_2)$ - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива, по табл. 1.2

$\eta(\text{SO}_2)$ при сжигании угля равна 0,1

$$M(\text{SO}_2) = 0,02 \cdot 2314,8 \text{ г/с} \cdot 4,6 (1 - 0,1) = 191,66 \text{ г/с} \text{ или } \sim 0,19 \text{ кг/с}$$

2. Определим, учитывая теплотворную способность топлива, эквивалентный углю расход мазута и количество SO_2 , образующегося при сжигании последнего. Зная, что низшая теплота сгорания мазута высокосернистого составляет $Q_{\text{HM}}^p = 38800 \text{ кДж/кг}$. Определим теплотворность мазута по отношению к указанному углю:

$$Q_{\text{HV}}^p / Q_{\text{HM}}^p = 19600 / 38800 = 0,505$$

$$B_{\text{мазута}} = 2314,8 \text{ г/с} \cdot 0,505 = 1168,97 \text{ г/с} \text{ или } 1,18 \text{ кг/с}$$

$$M_{\text{мазут}}(\text{SO}_2) = 0,02 \cdot 1168,97 \text{ г/с} \cdot 2,8 \cdot (1 - 0,02) = 64,15 \text{ г/с} \text{ или } \sim 0,064 \text{ кг/с}$$

3. Количество SO_2 , образовавшегося при сгорании Донецкого угля марки Д, составило $\sim 0,19 \text{ кг/с}$, а при сгорании эквивалентного количества высокосернистого мазута - $\sim 0,064 \text{ кг/с}$, что почти в 3 раза меньше. Следовательно, с экологической точки зрения замена Донецкого угля марки Д на высокосернистый мазут целесообразна.

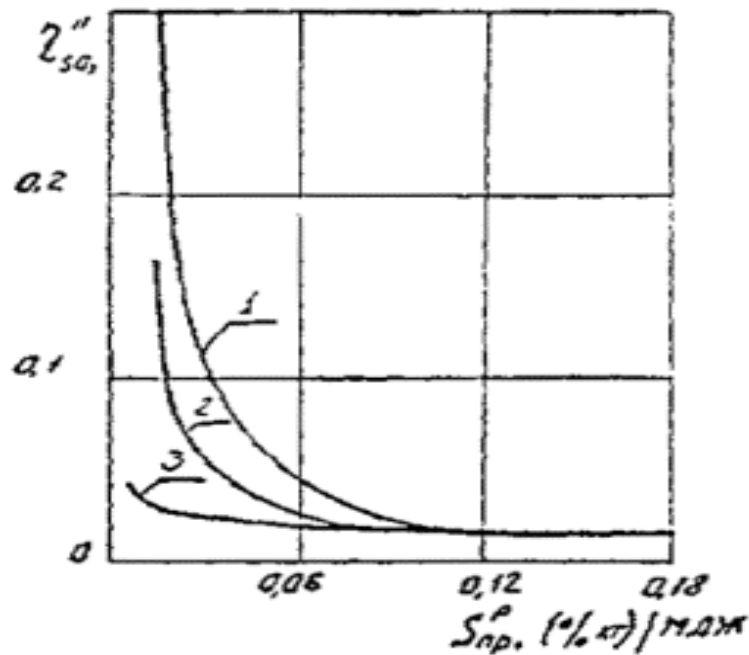


Рис. 1.1. Зависимость степени улавливания оксидов серы в мокрых золоуловителях от приведенной сернистости топлива и щелочности орошаемой воды. Щелочность орошаемой воды: 1 – 10 мг-экв./л; 2 – 5 мг-экв./л; 3 – 0 мг-экв./л

Пример 4. Определить количество диоксида серы, которые образуются в процессе работы предприятия черной металлургии, если в сталелитейной печи используют уголь Печорского бассейна марки Д (приложение, табл. П 2). Потребление топлива составляет 10000 г/с. Перед выбросом в атмосферу газы проходят очистку в мокром золоуловителе с щелочностью оросительной воды равной 5 мг-экв./л.

Решение. Для расчета используем формулу 1.2:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot B \cdot S^r \cdot (1 - \eta_{SO_2}) \cdot (1 - \eta'_{SO_2})$$

Из таблицы П 2 сернистость $S^r = 0,38$; $\eta(SO_2)$ - доля оксидов серы, связываемых летучей золой топлива, по табл. 1.4, $\eta(SO_2)$ при сжигании угля равна 0,1; низшая теплота сгорания $Q_H^P = 26177$ кДж/кг.

Для определения η'_{SO_2} находим $S^n = 10^3 \cdot S^r / Q_H^P = 10^3 \cdot 0,38 / 26177 = 0,0145$. По графику на рис. 1.1 определяем $\eta'_{SO_2} = 0,12$. Подставляя все значения в формулу 1.2, получим:

$$M_{SO_2} = 0,02 \cdot 10000 \cdot 0,38 \cdot (1 - 0,1) \cdot (1 - 0,12) = 60,192 \text{ г/с}.$$

Количество оксидов углерода (г/с, т/год), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами при сжигании твердого, жидкого и газообразного топлива, вычисляется по формуле:

$$M_{CO} = 0,001 \cdot C_{CO} \cdot B \left(1 - \frac{q_4}{100} \right) \quad (1.3)$$

где C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т, кг/тыс.м³;

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, % (табл. П 1).

Выход оксида углерода определяется по формуле

$$C_{co} = \frac{q_3 \cdot R \cdot Q_H^P}{1013} \quad (1.4)$$

где R – коэффициент, учитывающий долю потерь теплоты вследствие химической неполноты сгорания топлива, обусловленную содержанием СО в продуктах сгорания; R принимает равным: для твердого топлива – 1,0; для газа – 0,5; для мазута – 0,65;

q_3 – потери тепла от недожога, % (табл. П 1).

Пример 5. Определить количество оксида углерода (в г/с), которое образуется при сжигании 20 тонн за час каменного угля марки АС Донецкого бассейна (табл. П 2) в камерной топке.

Решение.

1. Определим выход оксида углерода по формуле 1.4:

$$C_{co} = \frac{4 \cdot 1 \cdot 30151}{1013} = 119,056 \text{ кг} / \text{т}$$

2. По формуле 1.3 определим массу оксида углерода:

$$M_{co} = 0,001 \cdot 119,056 \cdot 20 \left(1 - \frac{0,5}{100} \right) = 2,369 \text{ кг}$$

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива), выбрасываемое в атмосферу с дымовыми газами при отсутствии эксплуатационных данных о содержании горючих частиц в уносе, рассчитывается по формуле:

$$M_{TB} = 0,01B \left(Q_{yH} \cdot A^P + q_4 \cdot \frac{Q_H^P}{32680} \right) (1 - \eta_3). \quad (1.5)$$

Количество летучей золы, выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от теплогенератора при сжигании твердого и жидкого топлива, рассчитывается из соотношения:

$$M_{ЛЗ} = 0,01B \cdot A^P \cdot Q_{yH} \cdot (1 - \eta_3). \quad (1.6)$$

При отсутствии необходимости в более точных расчетах количества летучей золы можно воспользоваться более краткой формулой:

$$M_{ЛЗ} = \beta \cdot B \cdot A^P. \quad (1.7)$$

В формулах 1.5 - 1.7:

B – расход топлива (т/год, т/ч, г/с);

A^P – зольность топлива, % (табл. 1.1, П 2);

Q_H^P – низшая теплота сгорания, кДж/кг (табл. 1.1, П 2);

q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгорания топлива, % (табл. П1);

η_3 – доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителе, зависит от типа золоуловителя, марки топлива и мощности ТЭС. Для ТЭС мощностью 500 МВт и выше η_3 равна 0,99 - 0,995, при меньших мощностях $\eta_3 = 0,93 - 0,97$ (большие цифры относятся к многозольным топливам).

Q_{yH} – доля золы, уносимой из котла, зависит от конструкции топки:

для топок с твердым шлакоуловителем составляет 0,95 и 0,70 - 0,75 для открытых и полукрытых топок с жидким шлакоудалением (табл. П1).

β - доля золы, уносимой дымовыми газами. Зависит от вида, марки топлива и от типа топки. Для угольных топок β колеблется в интервале 0,002 - 0,008. В случае мазутных топок β составляет 0,02.

Количество твердых частиц несгоревшего топлива M_{HT} , т/год, г/с, образующихся в топке в результате механического недожога топлива (несгоревшее топливо) и выбрасываемых в атмосферу в виде коксовых остатков (при сжигании твердого топлива) или в виде сажи (при сжигании мазута), определяют по формуле

$$M_{HT} = M_{ТВ} - M_{ЛЗ} . \quad (1.8)$$

Пример 4. Рассчитать количество летучей золы (в г/с), выбрасываемой в атмосферу с дымовыми газами от котельной при сжигании 130 т/час высокосернистого мазута.

Решение.

Пересчитаем расход топлива из т/ч в г/с: $B = 130 \text{ т/час} = \frac{130 \cdot 10^6}{3600} = 36,11 \cdot 10^3 \text{ г/с}$.

Для мазутных топок $\beta = 0,02$; по табл. 1.1 зольность топлива $A^p = 0,02$

Определим количество летучей золы (в г/с) в дымовых газах котельной по формуле 1.7:

$$M_{Л.з.} = B A^p \beta = 36,11 \cdot 10^3 \cdot 0,02 \cdot 0,02 = 14,44 \text{ г/с}.$$

Для веществ, обладающих суммацией вредного действия, аналогично рассчитывается суммарный выброс $M_{\text{сум}}$, (г/с), условно приведенный к выбросу одного из них:

$$M_{\text{сум}}^{\text{пр}} = M_1 + M_2 \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_2} + \dots + M_n \frac{\text{ПДК}_1}{\text{ПДК}_n}, \quad (1.9)$$

где $M_1, M_2, \dots, M_n$ – мощности выброса каждого из n веществ;

$\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \dots, \text{ПДК}_n$ – максимальные разовые предельно допустимые концентрации этих веществ.

К вредным веществам, обладающим суммацией действия, относятся, как правило, близкие по химическому строению и характеру влияния на организм человека, например:

- диоксид серы и аэрозоль серной кислоты;
- диоксид серы и сероводород;
- диоксид серы и диоксид азота;
- диоксид серы и фенол;
- диоксид серы и фтористый водород;
- диоксид и триоксид серы, аммиак, оксиды азота;
- диоксид серы, оксид углерода и диоксид азота.

Пример 5. Котельный агрегат работает на высокосернистом мазуте. Расход топлива составляет 10,5 т/ч. Основными загрязняющими веществами, выбрасываемыми

теплогенератором, являются диоксид серы и диоксид азота. Коэффициент избытка воздуха равен 1,23. Рассчитать суммарный выброс загрязняющих веществ в атмосферу. Определить долю каждого загрязняющего вещества в приведенных выбросах.

Решение. Диоксид серы и диоксид азота относятся к одному ЛПВ, следовательно, обладают суммацией вредного воздействия. Определим суммарный выброс этих веществ, условно приведенный к выбросу диоксида серы по формуле (1.9)

$$M_{\text{сум}}^{\text{нр}} = M_{\text{SO}_2} + M_{\text{NO}_2} \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}}$$

По табл. 1.1 $\text{ПДК}(\text{NO}_2) = 0,2 \text{ мг/м}^3$, $\text{ПДК}(\text{SO}_2) = 0,5 \text{ мг/м}^3$.

Определим секундный выброс SO_2 при сжигании 10,5 т/ч высокосернистого мазута:

$$M(\text{SO}_2) = 0,02 \cdot \frac{10,5 \cdot 10^6}{3600} \cdot 2,8 \cdot (1 - 0,02) = 160,25 \text{ г/с.}$$

($S^r = 2,8\%$, $\eta(\text{SO}_2) = 0,02$ из табл. 1.1 и 1.2).

Определим секундный выброс NO_2 , принимая, что в каждом м^3 дымовых газов содержится 200 мг NO_2 .

$$M(\text{NO}_2) = (12,10 + 10,46(1,23 - 1)) \cdot \frac{10,5 \cdot 10^3}{3600} \cdot 200 \cdot 10^{-3} = 8,47 \text{ г/с}$$

$$M_{\text{сум}}^{\text{нр}} = 160,25 + 8,47 \cdot \frac{0,5}{0,2} = 181,425 \text{ г/с.}$$

Доля SO_2 , содержащаяся в условно приведенных выбросах, составляет:

$$\omega_{\text{SO}_2} = \frac{M_{\text{SO}_2}}{M_{\text{сум}}^{\text{нр}}} \cdot 100\% = \frac{160,25}{181,425} \cdot 100\% = 88,33\%$$

$$\text{Доля } \text{NO}_2: \omega_{\text{NO}_2} = \frac{M_{\text{SO}_2} \frac{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}}}{M_{\text{сум}}^{\text{нр}}} \cdot 100\% = \frac{8,47 \frac{0,5}{0,2}}{181,425} \cdot 100\% = 11,67\%.$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 160 т/ч каменного угля Кузнецкого бассейна.
2. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 76 т/ч каменного угля Подмосковного бассейна.
3. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 132 т/ч каменного угля Экибастузского бассейна марки СС.
4. Рассчитать теоретически возможную массу SO_2 (в г/с), образующегося при полном сгорании 95 т/ч каменного угля Донецкого бассейна марки Д.
5. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1700 кг угля Кузнецкого бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,2?
6. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1950 кг угля Экибастузского бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,17?

7. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1400 кг высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,1?

8. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 2100 кг угля Донецкого бассейна марки АШ, если коэффициент избытка воздуха равен 1,21?

9. Какой объем дымовых газов образуется при сгорании 1800 кг высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,15?

10. Рассчитать массу CO_2 , образующегося при сгорании 3 т каменного угля, не содержащего никаких примесей.

11. Определить массовую долю, образовавшихся газов (SO_2 , NO_2 , CO) в продуктах сгорания при сжигании 25 т/час угля Кузнецкого бассейна марки Д (табл. 1.1) в камерной топке с твердым шлакоудалением. Коэффициент избытка воздуха 1,2.

12. Рассчитать массу CO_2 , образующегося при сгорании 2 т каменного угля, содержащего 5 % примесей.

13. Рассчитать массу CO_2 , образующегося при сгорании 4,5 т каменного угля, содержащего 9 % примесей.

14. Рассчитать массу NO_2 , содержащегося в продуктах сгорания 1,7 т высокосернистого мазута, если коэффициент избытка воздуха равен 1,16.

15. Рассчитать массу NO_2 , содержащегося в продуктах сгорания 1500 кг угля Донецкого бассейна марки Д, если коэффициент избытка воздуха равен 1,3.

16. Рассчитать массу NO_2 , содержащегося в продуктах сгорания 1,65 т угля Подмосковского бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,21.

17. Рассчитать массу NO_2 , содержащегося в продуктах сгорания 2500 кг угля Кузнецкого бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,2.

18. Рассчитать массу NO_2 , содержащегося в продуктах сгорания 1,46 т угля Экибастузского бассейна, если коэффициент избытка воздуха равен 1,18.

19. Рассчитать массу NO_2 , содержащегося в продуктах сгорания 1,9 т ставропольского природного газа, если коэффициент избытка воздуха равен 1,1.

20. Рассчитать массу NO , первоначально образующегося при сгорании 1,25 т угля Подмосковского бассейна.

21. Котельная сжигает 80 т/сут. угля Подмосковского бассейна, коэффициент избытка воздуха равен 1,14. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

22. Котельная сжигает 135 т/сут. высокосернистого мазута, коэффициент избытка воздуха равен 1,1. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Донецкого бассейна марки Д с

сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

23. Котельная сжигает 110 т/сут. угля Кузнецкого бассейна, коэффициент избытка воздуха равен 1,16. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

24. Котельная сжигает 95 т/сут. угля Донецкого бассейна марки АШ, коэффициент избытка воздуха равен 1,1. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на высокосернистый мазут с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

25. Котельная сжигает 70 т/сут. Угля Кузнецкого бассейна марки Д, коэффициент избытка воздуха равен 1,5. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Кузнецкого бассейна марки Г с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

26. Котельная сжигает 115 т/сут. высокосернистого мазута, коэффициент избытка воздуха равен 1,22. Оценить с экологической точки зрения целесообразность замены топлива на уголь Кузнецкого бассейна с сохранением производственной мощности котельной (сравнить только по SO_2).

27. В два котельных агрегата подается одинаковое количество (по массе) топлива: в один – мазут малосернистый, в другой – уголь Подмосковского бассейна. В каком из агрегатов объем дымовых газов будет меньше? Коэффициент избытка воздуха, подаваемого на горение – одинаков.

28. Какая марка угля, из добываемых в разрезе «Изыхский» Кузнецкого бассейна (табл. П2), будет являться наиболее экологичной с точки зрения образования оксидов серы и золы (для использования на ТЭС)?

29. Определить количество твердых частиц несгоревшего топлива и летучей золы при сжигании угля Подмосковского бассейна в количестве 50 т/ч.

30. Определить какое топливо будет более экологичным с точки зрения образования оксидов углерода: мазут высокосернистый или уголь Донецкого бассейна марки АШ при использовании в камерной топке. Каким количеством мазута можно заменить указанный уголь, если его требуется 30 т/ч.

Приложения

Таблица 1.3 – Расчетные характеристики топок

Вид и марка топлива	Коэффициент избытка воздуха, α	Потери тепла от недожога топлива		Доля уноса золаы из топки $Q_{\text{ун}}$
		q_3 , %	q_4 , %	
Камерные топки с твердым шлакоудалением				
Антрациты – А, АШ, АМ, АС	1,20-1,25	0,5	6-4	0,95
Каменные угли – Д, Т, Г	1,20	0,5	1,0-1,5	0,95
Бурые угли – Б и сланцы	1,20	0,5	0,5-1,0	0,95
Камерные топки с жидким шлакоудалением				
Антрациты – А, АШ, АМ, АС	1,20-1,25	0,5	3-4	0,85
Каменные угли – Д, Т, Г	1,20-1,25	0,5	0,5	0,80
Бурые угли - Б	1,20	0,5	0,5	0,70-0,80
Камерные топки				
Мазут	1,1	0,2	0,1	-
Природный газ	1,1	0,2	0	-
Топки с пневмомеханическим забрасыванием				
Донецкий антрацит	1,2-1,3	0,5-1,0	13,5	
Бурые угли	1,2-1,3	0,5-1,0	7,5	
Каменные угли – Д, Т, Г	1,2-1,3	0,5-1,0	5,5	

Таблица 1.4 – Технические характеристики некоторых марок угля

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред.,%	Содерж. влаги, сред.,%	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
Уголь Донецкого бассейна					
АШ	1,6	27,0	9,0	4,0	23032
АС	1,6	13,0	6,5	4,0	30151
АМ	1,1	7,8	5,5	3,5	30988
АО	1,1	6,0	5,5	3,5	31825
АК	1,1	5,5	5,5	3,5	30570
Д	0,5	9,0	7,0	26,0	23450
Г	0,7	12,0	12,0	34,0	25125
Кузнецкий бассейн, разрез «Изыхский»					
ДР	0,6	24,0	18,0	42,2	29732
ДСШ	0,5	30,0	19,0	39,9	29313

Марка	Содержание серы, сред. %	Содерж. золы, сред.,%	Содерж. влаги, сред, %	Выход летучих веществ, (сред. значение), %	Низшая теплота сгорания кДж/кг
ДОМСШ	1,0	28,5	19,0	39,9	30235
ДПК	0,5	24,9	17,5	39,0	29941
ДОМ	0,5	28,0	19,0	39,0	29732
Кузнецкий бассейн, Хакасразрезуголь					
ДР	0,5	24,0	18,6	43,5	21608-31198
ДСШ	0,5	24,0	19,0	43,7	20519
ДПК	0,5	20,5	18,6	43,1	22194-31826
ДОМ	0,5	20,5	18,6	42,7	22069
Уголь Кузбасского бассейна					
ДР	0,3	12,0-16,0	12,0-16,0	41,4	20938
ДРОК	0,3	17,2-19,2	19,0-21,2	40,5	18007
ДМСШ	0,2	11,0-13,0	12,0-15,0	41,5	21775
ДКОМ	0,2	15,0-17,0	9,0-11,0	45,7	23032
ДПК	0,4	9,5-11,0	13,0-16,0	43,0	22822
ДГР	0,3	15,0-18,0	11,0-13,0	38,8	22613
ТР	0,3	18,0-19,0	6,0-8,0	14,0	26256
ТПК	0,3	16,0-19,0	5,0-7,0	14,0	27261
ССПК	0,4	5,5-7,5	5,2-6,2	24,8	30528
СССШ	0,3	14,0-16,0	9,5-10,5	24,6	26800
Печорский угольный бассейн					
АМСШ	0,09	18,5	8,3	4,2	29104
ДКО	0,27	10,0	15,8	43,6	27910
Д	0,38	13,9	17,9	41,8	26177
ТОМСШ	0,3	17,0	14,0	17,0	25125
ТОМ	0,3	10,0	12,0	16,0	25125
ТПК	0,3	12,0	12,0	16,0	25544
ССПК	0,5	9,8	5,8	27,1	33132
ССр	0,23	23,6	10,6	26,5	31344
2Бр	0,75	11,9	35,8	48,6	20335
КОр	0,37	20,4	7,8	27,9	35134

Лабораторная работа № 2

РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ, ПОСТУПАЮЩИХ В АТМОСФЕРНЫЙ ВОЗДУХ ОТ ПЕРЕДВИЖНЫХ ИСТОЧНИКОВ

Цель работы: научиться определять величины массы выброса загрязняющих веществ, движущимся автотранспортом на автомагистрали с фиксированной протяженностью.

Рекомендации для выполнения работы

Расчет массы выброса загрязняющих веществ, движущимся автотранспортом на автомагистрали с фиксированной протяженностью.

Загрязнение атмосферы городов напрямую зависит от количества автотранспорта и организации его движения. Автотранспорт приносит более половины воздушных загрязнений на территории большинства населенных пунктов. Поэтому при составлении экологического паспорта населенного пункта учитывается масса загрязняющих веществ, поступающих в атмосферу городов с газовыми выбросами автотранспорта.

Для определения массы выброса, i -го загрязняющего вещества (г/с) движущимся автотранспортным потоком на автомагистрали (или ее участке) с фиксированной протяженностью L (км) используют формулу (данная методика расчета пересматривается, в ближайшее время в нее будут внесены изменения):

$$M_L = \frac{L}{3600} \cdot \sum_1^k M_{k,i}^n \cdot G_k \cdot r_{V_{k,i}}, \quad (2.1)$$

где $M_{k,i}^n$ - пробеговый выброс i -го вредного вещества автомобилями k -й группы для городских условий эксплуатации, определяемый по табл. 2.1, г/км;

G_k - фактическая наибольшая интенсивность движения, т.е. количество автомобилей каждой из k -й групп, проходящих через фиксированное сечение выбранного участка автомагистрали в единицу времени, 1 / ч;

$r_{V_{k,i}}$ - поправочный коэффициент, учитывающий среднюю скорость движения транспортного потока, находится в зависимости от средней скорости автомобиля по табл. 2.2.

На практике фактическую интенсивность (G_k) устанавливают на основании информации ГИБДД и управлений архитектуры городов. Она приблизительно составляет:

- для городов с населением до 500 тыс. человек - магистрали с интенсивностью движения в среднем более 200 – 300 автомобилей в час;
- для городов с населением более 500 тыс. человек - магистрали с интенсивностью движения в среднем более 400 – 500 автомобилей в час.

Таблица 2.1 – Значение пробеговых выбросов для различных групп автомобилей

Наименование группы автомобилей	№ группы	Выбросы, г/км							
		СО	NO _x в пересчете на NO ₂	СН	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз/а/пирен
Легковые	I	19,0	1,8	2,1	-	0,065	0,006	0,019	1,7·10 ⁻⁶
Легковые дизельные	ИД	2,0	1,3	0,25	0,1	0,21	0,003	-	-
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т (в т.ч. работающие на сжиженном нефтяном газе) и микроавтобусы	II	69,4	2,9	11,5	-	0,20	0,020	0,026	4,5·10 ⁻⁶
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью более 3 т (в т.ч. работающие на сжиженном нефтяном газе)	III	75,0	5,2	13,4	-	0,22	0,022	0,033	6,3·10 ⁻⁶
Автобусы карбюраторные	IV	97,6	5,3	13,4	-	0,32	0,03	0,041	6,4·10 ⁻⁶
Грузовые дизельные	V	8,5	7,7	6,0	0,3	1,25	0,21	-	6,5·10 ⁻⁶
Автобусы дизельные	VI	8,8	8,0	6,5	0,3	1,45	0,31	-	6,7·10 ⁻⁶
Грузовые газобаллонные, работающие на сжатом природном газе	VII	39,0	2,6	1,3	-	0,18	0,002	-	2,0·10 ⁻⁶

II – ГАЗ-51-53, УАЗы, «Газель», РАФ и др.; III – ЗИЛы, Урал и др.; IV – ПАЗ, ЛАЗ, ЛИАЗ

Таблица 2.2 - Значения поправочного коэффициента, учитывающего среднюю скорость движения транспортного потока

V, км/ч	10	15	20	25	30	35	40	45	50	60	75	80	100
$\Gamma_{V_{k,i}}$	1,35	1,28	1,2	1,1	1,0	0,88	0,75	0,63	0,5	0,3	0,45	0,5	0,65

* для NO₂ значение $\Gamma_{V_{k,i}}$ принимается постоянным и равным 1 до V= 80 км/ч.

Пример 1. В населенном пункте с численностью 362 тыс. человек по центральной магистрали длиной L = 3000 м (3 км) проходит в среднем 240 автомобилей в час. Из них 72,92 % приходится на автомобили I группы, 16,25 % на автобусы IV группы и 10,83 % - на автотранспорт II группы. Средняя скорость движения автомобилей по автомагистрали составляет 40 км/ч. Определить массу каждого загрязняющего вещества, выбрасываемого автотранспортом за 1 час над территорией рассматриваемой автомагистрали,

Решение.

1. Определим количество автомобилей к-й группы, проходящее по автомагистрали за час:

автомобили I группы: $G_k = (240 \cdot 72,92\%)/100\% = 175$;

автомобили II группы $G_k = (240 \cdot 10,83\%)/100\% = 26$;

автомобили IV группы: $G_k = (240 \cdot 16,25\%)/100\% = 39$;

2. По формуле (1.21) рассчитываем массу каждого загрязняющего вещества для каждой группы автомобилей. Расчеты сводим в таблицу 2.3.

Расчет количества загрязняющих веществ по группам автомобилей при L = 3 км и

$\Gamma_{V_{k,i}} = 0,75$ (для всех веществ, кроме NO₂, где $\Gamma_{V_{k,i}} = 1,0$)

Таблица 2.3 - Количества загрязняющих веществ по группам автомобилей

Наименование группы автомобилей	G_k	Выбросы M_L , г/с							
		CO	NO _x в пересчете на NO ₂	CH	Сажа	SO ₂	Формальдегид	Соединения свинца	Бенз/а/пирен
Легковые (I)	175	2,078	0,263	0,23	—	0,007	0,0007	0,002	$0,9 \cdot 10^{-7}$
Грузовые карбюраторные с грузоподъемностью до 3 т и микроавтобусы (II)	26	1,128	0,063	0,187	—	0,003	0,0003	0,0004	$7,4 \cdot 10^{-8}$
Автобусы карбюраторные (IV)	39	2,379	0,172	0,327	—	0,0078	0,0007	0,001	$1,5 \cdot 10^{-7}$
Всего	240	5,585	0,498	0,744	—	0,0178	0,0017	0,0034	$4,14 \cdot 10^{-7}$

Расчет массы выбросов загрязняющих веществ легковыми автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя. При нахождении массы выбросов (г, т) загрязняющих веществ легковыми

автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов используют формулу (2.2):

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{ij} \cdot K_{ij} \quad (2.2)$$

где m_{ij} - пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем j -го рабочего объема при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 2.4);

L_{ij} - суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями j -го рабочего объема по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{ij} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл. 2.5).

Значения этого коэффициента зависят от типа населенного пункта, в котором данный вид автотранспорта эксплуатируется, т.е. от численности населения данной местности.

При расчете массы загрязняющих веществ от легкового автомобиля, эксплуатация которого происходит вне городской территории, в формуле (2.2) коэффициент K_{ij} не учитывается и формула имеет вид

$$M'_{ij} = m'_{ij} \cdot L'_{ij} \quad (2.3)$$

где m'_{ij} - пробеговый выброс i -го загрязняющего вещества легковым автомобилем с двигателем j -го рабочего объема при движении вне населенных пунктов, г/км (табл. 2.6);

L'_{ij} - суммарный пробег легковых автомобилей с двигателями j -го рабочего объема по территории вне населенных пунктов, км/год.

Суммарный массовый выброс i -го загрязняющего вещества легковыми автомобилями с учетом их среднегодового пробега как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле

$$M_{\text{ли}} = \sum_{j=1}^3 (M_{ij} + M'_{ij}) \cdot K_{\text{ти}} \quad (2.4)$$

где $K_{\text{ти}}$ - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества. В зависимости от вида загрязняющего вещества принимается по табл. 2.7

При отсутствии данных о распределении пробега автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_j , пробег L_{ij} и L'_{ij} определяется по формулам

легковые автомобили, принадлежащие индивидуальным владельцам:

$$\text{в городах} \quad L_{ij} = 0,6 \cdot L_j; \quad L'_{ij} = 0,4 \cdot L_j; \quad (2.5)$$

$$\text{в сельской местности} \quad L_{ij} = 0,3 \cdot L_j; \quad L'_{ij} = 0,7 \cdot L_j; \quad (2.6)$$

легковые автомобили, принадлежащие предприятиям и организациям:

$$\text{в городах} \quad L_{ij} = 0,9 \cdot L_j; \quad L'_{ij} = 0,1 \cdot L_j; \quad (2.7)$$

$$\text{в сельской местности} \quad L_{ij} = 0,3 \cdot L_j; \quad L'_{ij} = 0,7 \cdot L_j. \quad (2.8)$$

Таблица 2.4 – Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями по территории населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговой выброс m_{ij} , г/км				
	CO	CH	NO ₂	C	SO ₂
менее 1,3	11,4	2,1	1,3	0	0,052
1,3 – 1,8	13	2,6	1,5	0	0,076
1,8 – 3,5	14	2,8	2,7	0	0,096

Примечание: Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы соединений свинца отсутствуют.

Таблица 2.5 – Значения K_{ij} в зависимости от типа населенных пунктов

Тип населенных пунктов	Значение K_{ij}				
	CO	CH	NO ₂	C	SO ₂
Города с числом жителей более 1 млн чел.	1,0	1,0	1,0	0	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн чел.	0,87	0,92	0,94	0	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,7	0,79	0,81	0	1,05
Прочие населенные пункты	0,41	0,59	0,6	0	1,00

Таблица 2.6 – Пробеговые выбросы загрязняющих веществ легковыми автомобилями при движении вне населенных пунктов

Рабочий объем двигателя, л	Пробеговой выброс m'_{ij} , г/км				
	CO	CH	NO ₂	C	SO ₂
менее 1,3	4,8	1,2	2,3	0	0,052
1,3 – 1,8	5,5	1,5	2,7	0	0,076
1,8 – 3,5	6,0	1,6	4,0	0	0,096

Примечание: Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы соединений свинца отсутствуют.

Таблица 2.7 - Коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества K_{Ti}

CO	CH	NO ₂	SO ₂
1,75	1,48	1,0	1,15

Расчет массы выбросов загрязняющих веществ грузовыми автомобилями. При нахождении массы выбросов (г, т) загрязняющих веществ грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении по территории населенных пунктов, используют формулу (2.9):

$$M_{iks} = m_{iks} \cdot L_{iks} \cdot K_{ris} \cdot K_{nis} , \quad (2.9)$$

где m_{iks} - пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями k -й грузоподъемности с двигателем s -го типа при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 2.8);

L_{iks} - суммарный пробег грузовых автомобилей с двигателями s -го типа по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{ris} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл. 2.9). Значения этого коэффициента зависят от типа населенного пункта, в котором данный вид автотранспорта эксплуатируется, т.е. от численности населения данной местности;

K_{nis} - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл. 2.10, 2.11).

Таблица 2.8 - Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автомобилей по территории населенных пунктов

Грузоподъемность автомобиля или автопоезда, т	Тип двигателя	Пробеговой выброс m_{iks} , г/км					
		CO	CH	NO ₂	C	SO ₂	Pb
0,5 – 2,0	Б	22,0	3,4	2,6	0	0,13	0,019
2,0 – 5,0	Б	52,6	4,7	5,1	0	0,16	0,023
	Г	26,8	2,7	5,1	0	0,14	0
	Д	2,8	1,1	8,2	0,5	0,96	0
5,0 – 8,0	Б	73,2	5,5	9,2	0	0,19	0,029
	Г	37,4	4,4	9,2	0	0,17	0
	Д	3,2	1,3	11,4	0,8	1,03	0
8,0 – 16,0	Б	97,8	8,2	10,0	0	0,26	0,038
	Д	3,9	1,6	13,4	1,0	1,28	0
более 16,0	Д	4,5	1,8	16,4	1,1	1,47	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный, Г – газовый (сжатый газ)

1. Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы свинца отсутствуют.

2. Выбросы свинца рассчитываются только при использовании этилированного бензина.

Таблица 2.9 – Значения K_{ris} в зависимости от типа населенных пунктов

Тип населенных пунктов	Значение K_{ris}								
	СО		СН		NO ₂		С	SO ₂	Pb
	Б, Г	Д	Б, Г	Д	Б, Г	Д	Д	Б, Г, Д	Б
Города с числом жителей более 1 млн чел.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн чел.	0,89	0,95	0,85	0,93	0,79	0,92	0,8	1,15	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,74	0,83	0,70	0,80	0,69	0,82	0,5	1,05	1,05
Прочие населенные пункты	0,58	0,64	0,50	0,60	0,60	0,70	0,3	1,00	1,00

Таблица 2.10 – Значения K_{nis} для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
СО	< 0,2	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57	0,58
	0,2 – 0,4	0,56	0,58	0,61	0,63	0,65	0,67	0,70
	0,4 – 0,6	0,60	0,63	0,67	0,70	0,73	0,77	0,80
	0,6 – 0,8	0,64	0,68	0,73	0,77	0,81	0,86	0,90
	0,8 – 1,0	0,68	0,73	0,79	0,84	0,89	0,95	1,00
СН	< 0,2	0,80	0,81	0,81	0,82	0,82	0,83	0,84
	0,2 – 0,4	0,81	0,83	0,83	0,85	0,86	0,86	0,88
	0,4 – 0,6	0,83	0,85	0,86	0,88	0,89	0,90	0,92
	0,6 – 0,8	0,85	0,87	0,88	0,91	0,92	0,94	0,96
	0,8 – 1,0	0,87	0,89	0,91	0,94	0,96	0,98	1,00
NO ₂	< 0,2	0,48	0,50	0,51	0,52	0,53	0,54	0,56
	0,2 – 0,4	0,53	0,56	0,58	0,60	0,62	0,64	0,67
	0,4 – 0,6	0,57	0,61	0,64	0,68	0,71	0,74	0,78
	0,6 – 0,8	0,62	0,67	0,71	0,76	0,80	0,84	0,89
	0,8 – 1,0	0,67	0,72	0,78	0,83	0,89	0,94	1,00

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
SO ₂	< 0,2	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
	0,2 – 0,4	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16
	0,4 – 0,6	1,11	1,14	1,16	1,19	1,22	1,24	1,27
	0,6 – 0,8	1,15	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38
	0,8 – 1,0	1,20	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49
Pb	< 0,2	1,02	1,03	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05
	0,2 – 0,4	1,06	1,08	1,10	1,11	1,13	1,15	1,16
	0,4 – 0,6	1,11	1,14	1,16	1,19	1,22	1,24	1,27
	0,6 – 0,8	1,15	1,19	1,23	1,27	1,30	1,34	1,38
	0,8 – 1,0	1,20	1,24	1,29	1,34	1,39	1,44	1,49

Таблица 2.11 – Значения K_{nis} для грузовых автомобилей с дизелем

Загрязняющее вещество	Коэффициент использования грузоподъемности, γ	Значение K_{nis} в зависимости от коэффициента использования пробега β						
		0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0
CO	< 0,2	0,51	0,52	0,53	0,54	0,55	0,56	0,57
	0,2 – 0,4	0,55	0,57	0,60	0,62	0,64	0,66	0,68
	0,4 – 0,6	0,60	0,63	0,66	0,69	0,72	0,76	0,78
	0,6 – 0,8	0,64	0,68	0,72	0,77	0,81	0,86	0,89
	0,8 – 1,0	0,68	0,73	0,79	0,84	0,89	0,96	1,00
CH	< 0,2	0,63	0,64	0,65	0,66	0,67	0,67	0,68
	0,2 – 0,4	0,66	0,68	0,70	0,71	0,73	0,74	0,76
	0,4 – 0,6	0,70	0,72	0,74	0,76	0,79	0,81	0,84
	0,6 – 0,8	0,73	0,76	0,79	0,82	0,85	0,88	0,92
	0,8 – 1,0	0,76	0,80	0,84	0,88	0,91	0,95	1,00
NO ₂	< 0,2	0,75	0,75	0,76	0,76	0,76	0,77	0,77
	0,2 – 0,4	0,77	0,77	0,78	0,79	0,79	0,80	0,81
	0,4 – 0,6	0,79	0,80	0,82	0,83	0,84	0,85	0,87
	0,6 – 0,8	0,81	0,82	0,84	0,87	0,89	0,91	0,93
	0,8 – 1,0	0,83	0,86	0,89	0,92	0,94	0,97	1,00
SO ₂	< 0,2	1,02	1,03	1,04	1,04	1,05	1,05	1,06
	0,2 – 0,4	1,07	1,09	1,10	1,12	1,14	1,16	1,18
	0,4 – 0,6	1,12	1,15	1,18	1,20	1,23	1,26	1,29
	0,6 – 0,8	1,16	1,20	1,25	1,29	1,33	1,37	1,41
	0,8 – 1,0	1,21	1,26	1,32	1,37	1,42	1,48	1,53
C	< 0,2	0,25	0,35	0,36	0,36	0,36	0,37	0,38
	0,2 – 0,4	0,38	0,39	0,40	0,41	0,42	0,43	0,44
	0,4 – 0,6	0,43	0,46	0,49	0,51	0,53	0,56	0,58
	0,6 – 0,8	0,50	0,54	0,58	0,63	0,67	0,71	0,75
	0,8 – 1,0	0,60	0,66	0,73	0,80	0,86	0,93	1,00

Примечание к таблицам 2.7 и 2.8:

1. При отсутствии данных о фактических значениях γ и β принимается:
 - для городских перевозок и перевозок сельскохозяйственных грузов $\gamma = 0,6-0,8$; $\beta = 0,5$;
 - для междугородных перевозок $\gamma = 0,8-1,0$; $\beta = 0,7$.
2. Выбросы свинца рассчитываются только при использовании этилированного бензина.

Масса выбросов загрязняющих веществ грузовыми (специальными) автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитываются по формуле (2.2):

$$M_{iks}' = m_{iks}' \cdot L_{iks}' \cdot K_{nis}, \quad (2.2)$$

где m_{iks}' - пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями k -й грузоподъемности с двигателем s -го типа при движении вне населенного пункта, г/км (табл. 2.12);

L_{iks}' - суммарный пробег грузовых автомобилей с двигателями s -го типа по территории вне населенных пунктов, км/год;

K_{nis} - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от уровня использования грузоподъемности и пробега (табл. 2.7, 2.8).

Таблица 2.12 Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автомобилей по территории населенных пунктов

Грузоподъемность автомобиля или автопоезда, т	Тип двигателя	Пробеговой выброс m_{iks}' , г/км					
		CO	CH	NO ₂	C	SO ₂	Pb
0,5 – 2,0	Б	15,2	1,9	2,1	0	0,13	0,019
2,0 – 5,0	Б	26,3	2,6	4,1	0	0,16	0,023
	Г	13,1	1,5	4,1	0	0,14	0
	Д	2,5	0,8	6,9	0,1	0,96	0
5,0 – 8,0	Б	40,8	4,1	8,0	0	0,19	0,029
	Г	20,2	2,4	8,0	0	0,17	0
	Д	2,6	1,2	9,1	0,2	1,03	0
8,0 – 16,0	Б	50,5	4,5	8,5	0	0,26	0,038
	Д	3,2	1,4	10,7	0,2	1,28	0
более 16,0	Д	3,6	1,5	13,1	0,3	1,47	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный, Г – газовый (сжатый газ)

1. Токсичность отработавших газов при работе двигателя на сжиженном нефтяном газе принимается равной токсичности отработавших газов при работе двигателя на бензине, выбросы свинца отсутствуют.
2. Выбросы свинца рассчитываются только при использовании этилированного бензина.

Суммарный массовый выброс i -го загрязняющего вещества грузовыми автомобилями с учетом их среднегодового пробега, как по территории

населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле (2.10):

$$M_{\Gamma i} = \sum_{k=1}^5 \sum_{s=1}^3 (M_{iks} + M'_{iks}) \cdot K_{Ti} \quad (2.10)$$

где K_{Ti} - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества. В зависимости от вида загрязняющего вещества принимается по табл. 2.13.

При отсутствии данных о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_{ks} , пробег L_{iks} и L'_{iks} определяется по формулам:

городские перевозки $L_{iks} = 0,9 \cdot L_{ks}$; $L'_{iks} = 0,1 \cdot L_{ks}$;

прочие перевозки $L_{iks} = 0,2 \cdot L_{ks}$; $L'_{iks} = 0,8 \cdot L_{ks}$

Таблица 2.13 - Коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества K_{Ti}

Для грузовых автомобилей с бензиновыми и газовыми двигателями				
CO	CH	NO ₂	SO ₂	Pb
2,0	1,83	1,0	1,15	1,15
Для грузовых автомобилей с дизельными двигателями				
CO	CH	NO ₂	SO ₂	C
1,6	2,1	1,0	1,15	1,9

Расчет массы выбросов загрязняющих веществ автобусами. При нахождении массы выбросов (г, т) загрязняющих веществ междугородными, пригородными и туристскими автобусами определенного класса с определенным типом двигателя при движении по территории населенных пунктов, используют формулу (2.11):

$$M_{iims} = m_{iims} \cdot L_{iims} \cdot K_{ris} \cdot K_{his} \quad (2.11)$$

где m_{iims} - пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества автобусами m -го класса с двигателем s -го типа при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 2.14);

L_{iims} - суммарный пробег автобусов m -ого класса с двигателями s -го типа по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{ris} - коэффициент, учитывающий изменение выбросов загрязняющих веществ при движении по территории населенных пунктов (табл. 2.15). Значения этого коэффициента зависят от типа насе-

ленного пункта, в котором данный вид автотранспорта эксплуатируется, т.е. от численности населения данной местности;

K_{his} - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от вида перевозок и типа двигателя автобуса (табл. 2.16).

Масса выброса загрязняющих веществ маршрутными городскими автобусами определенного класса с определенным типом двигателя при движении по территории населенных пунктов находится по формуле (2.12):

$$M_{2\text{ims}} = K_p \cdot m_{1\text{ims}} \cdot L_{2\text{ims}} \cdot K_{\text{ris}} \cdot K_{\text{his}}, \quad (2.12)$$

где K_p – коэффициент, учитывающий изменения выбросов загрязняющих веществ при движении маршрутных городских автобусов по территории населенных пунктов (для CO, CH, NO₂, C $K_p = 1,4$, а для SO₂, Pb коэффициент $K_p = 1,1$);

$L_{2\text{ims}}$ - суммарный пробег автобусов m -го класса с двигателями s -го типа по территории населенных пунктов, км/год.

Таблица 2.14 – Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автобусов по территории населенных пунктов

Класс автобуса (L – габаритная длина, м)	Тип двигателя	Пробеговой выброс $m_{1\text{ims}}$, г/км					
		CO	CH	NO ₂	C	SO ₂	Pb
Особо малый $L < 5$	Б	13,5	2,9	3,0	0	0,09	0,031
Малый $6,0 < L < 7,5$	Б	44,0	3,4	6,1	0	0,18	0,028
Средний $8,0 < L < 9,5$	Б	67,1	5,0	9,9	0	0,25	0,037
	Д	4,5	1,4	9,1	0,8	0,90	0
Большой $10,5 < L < 12,0$	Б	104,0	7,7	10,4	0	0,32	0,047
	Д	4,9	1,6	10,0	1,0	1,23	0
Особо большой $L > 12$	Д	5,0	1,6	11,0	1,1	1,65	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный

Таблица 2.15 – Значения K_{ris} в зависимости от типа населенных пунктов

Тип населенных пунктов	Значение K_{ris}								
	CO		CH		NO ₂		C	SO ₂	Pb
	Б	Д	Б	Д	Б	Д	Д	Б, Г, Д	Б
Города с числом жителей более 1 млн чел.	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,25	1,25
Города с числом жителей от 100 тыс. чел. до 1 млн чел.	0,89	0,95	0,85	0,93	0,79	0,92	0,8	1,15	1,15
Города с числом жителей от 30 до 100 тыс. чел.	0,74	0,83	0,70	0,80	0,69	0,82	0,5	1,05	1,05
Прочие населенные пункты	0,58	0,64	0,50	0,60	0,60	0,70	0,3	1,00	1,00

Таблица 2.16 – Значения коэффициента K_{his} в зависимости от вида перевозок и типа двигателя

Вид перевозок	Тип двигателя	Значения K_{his}					
		CO	CH	NO ₂	C	SO ₂	Pb
Городские и пригородные	Б	0,9	0,96	0,89	0	1,3	1,3
	Д	0,89	0,92	0,93	0,75	1,3	0
Междугородные и туристские	Б	0,7	0,88	0,67	0	1,1	1,1
	Д	0,68	0,76	0,81	0,44	1,1	0

Масса выбросов загрязняющих веществ автобусами определенного класса и с определенным типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитываются по формуле (2.13):

$$M'_{\text{lims}} = m'_{\text{lims}} \cdot L'_{\text{lims}} \cdot K_{\text{his}}, \quad (2.13)$$

где m'_{lims} - пробеговой выброс i -го загрязняющего вещества автобусами m -го класса с двигателем s -го типа при движении в пределах территории рассматриваемого населенного пункта, г/км (табл. 2.17);

L'_{lims} - суммарный пробег автобусов m -го класса с двигателями s -го типа по территории населенных пунктов, (суммарный пробег может определяться на основании данных учета (отчетности) или обработки результатов выборочных обследований (опросов)), км/год;

K_{his} - коэффициент, учитывающий изменение пробегового выброса от вида перевозок и типа двигателя автобуса (табл. 2.16).

Таблица 2.17 Пробеговые выбросы загрязняющих веществ при движении автобусов по территории населенных пунктов

Класс автобуса (L – габаритная длина, м)	Тип двигателя	Пробеговой выброс m'_{lims} , г/км					
		CO	CH	NO ₂	C	SO ₂	Pb
Особо малый $L < 5$	Б	6,0	1,6	4,0	0	0,09	0,031
Малый $6,0 < L < 7,5$	Б	24,0	2,3	5,0	0	0,18	0,028
Средний $8,0 < L < 9,5$	Б	34,0	3,9	8,2	0	0,25	0,037
	Д	3,3	1,2	8,0	0,2	0,90	0
Большой $10,5 < L < 12,0$	Б	62,0	4,6	9,5	0	0,32	0,047
	Д	3,5	1,3	18,0	0,3	1,23	0
Особо большой $L > 12$	Д	3,5	1,3	18,8	0,3	1,65	0

Примечание: Б – бензиновый, Д – дизельный

Суммарный массовый выброс i -го загрязняющего вещества автобусами с учетом их среднегодового пробега, как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле (2.14):

$$M_{Ai} = \sum_{m=1}^5 \sum_{s=1}^3 \left(M_{1ims} + M_{2ims} + M_{1ims}' \right) \cdot K_{Ti}, \quad (2.14)$$

где K_{Ti} - коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автобусов на массовый выброс i -го загрязняющего вещества. В зависимости от вида загрязняющего вещества принимается по табл. 2.18.

При отсутствии данных о распределении пробега автобусов в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_{ms} , пробег L_{1ims} , L_{2ims} и L_{1ims}' определяется по формулам:

городские перевозки

$$L_{2ims} = L_{ms}$$

пригородные, туристские перевозки

$$L_{1ims} = 0,7 \cdot L_{ms}; \quad L_{1ims}' = 0,3 \cdot L_{ms};$$

междугородные перевозки

$$L_{1ims} = 0,2 \cdot L_{ms}; \quad L_{1ims}' = 0,8 \cdot L_{ms}$$

перевозки в сельской местности

вахтовые перевозки

$$L_{1ims} = 0,3 \cdot L_{ms}; \quad L_{1ims}' = 0,7 \cdot L_{ms}.$$

Таблица 2.18 - Коэффициент, учитывающий влияние технического состояния автомобилей на массовый выброс i -го загрязняющего вещества K_{Ti}

Для автобусов с бензиновыми двигателями				
CO	CH	NO ₂	SO ₂	Pb
2,0	1,83	1,0	1,15	1,15
Для особо малого класса				
1,75	1,48	1,0	1,15	1,15
Для автобусов с дизельными двигателями				
CO	CH	NO ₂	SO ₂	C
1,6	2,1	1,0	1,15	1,9

Пример. Организация, которая располагается в городе с населением 350 тыс. человек, имеет: 5 легковых автомобилей, работающих на бензине АИ-93, которые имеют среднегодовой пробег 10000 км; 13 грузовых автомобилей с грузоподъемностью от 2 до 5 т, работающих на бензине А-76 и имеющих средний годовой пробег 30000 км; 2 средних автобуса, работающих на дизельном топливе и имеющих среднегодовой пробег 8000 км. Автобусы используются организацией для перевозок служащих в черте города. Оценить среднегодовой выброс CO от автотранспорта этой организации.

Решение:

1. Находим суммарную массу CO, поступающую в атмосферу от легковых автомобилей организации. Для этого определим среднегодовой пробег автомобилей по территории города и вне города. При отсутствии данных о распределении пробега автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_j , пробег L_{ij} и L_{ij}' определяется по формулам для легковых автомобилей, принадлежащим предприятиям и организациям, расположенных на территории города:

$$L_{ij} = 0,9 \cdot L_j = 0,9 \cdot 10000 = 9000 \text{ км};$$

$$L'_{ij} = 0,1 \cdot L_j = 0,1 \cdot 10000 = 1000 \text{ км};$$

Для нахождения массы выбросов (г, т) СО легковыми автомобилями с определенным рабочим объемом двигателя при движении по территории населенных пунктов, воспользуемся формулой:

$$M_{ij} = m_{ij} \cdot L_{ij} \cdot K_{ij} = 13 \cdot 9000 \cdot 0,37 \cdot 5 = 216450 \text{ кг / год} = 0,2165 \text{ т / год}$$

Для нахождения массы выбросов СО легковыми автомобилями организации при движении вне территории населенного пункта воспользуемся формулой:

$$M'_{ij} = m'_{ij} \cdot L'_{ij} = 13 \cdot 1000 \cdot 5 = 65000 \text{ г / год} = 0,065 \text{ т / год}$$

Для определения суммарного годового выброса СО от легковых автомобилей организации воспользуемся формулой:

$$M_{\text{Ли}} = \sum_{j=1}^3 (M_{ij} + M'_{ij}) \cdot K_{\text{Ti}} = (0,2165 + 0,065) \cdot 1,75 = 0,493 \text{ т / год}$$

2. Находим массу СО, выбрасываемую в атмосферу от грузовых автомобилей организации. Для этого определим среднегодовой пробег грузовых автомобилей организации по территории города и вне его.

При отсутствии данных о распределении пробега грузовых автомобилей в городских и загородных условиях и наличии данных об общем пробеге автомобиля L_{ks} , пробег L_{iks} и L'_{iks} при городских перевозках определяется по формулам

$$L_{\text{iks}} = 0,9 \cdot L_{\text{ks}} = 0,9 \cdot 30000 = 27000 \text{ км}; \quad L'_{\text{iks}} = 0,1 \cdot L_{\text{ks}} = 0,1 \cdot 30000 = 3000 \text{ км}.$$

При нахождении массы выбросов (г, т) СО грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении по территории населенного пункта, воспользуемся формулой (2.11):

$$M_{\text{iks}} = m_{\text{iks}} \cdot L_{\text{iks}} \cdot K_{\text{ris}} \cdot K_{\text{nis}} = 52,6 \cdot 27000 \cdot 0,89 \cdot 0,68 \cdot 13 = 11173565 \text{ г / год} = 11,17 \text{ т / год}$$

Масса выбросов СО грузовыми автомобилями с определенной грузоподъемностью и типом двигателя при движении вне населенных пунктов рассчитываются по формуле (2.13):

$$M'_{\text{iks}} = m'_{\text{iks}} \cdot L'_{\text{iks}} \cdot K_{\text{nis}} = 52,6 \cdot 3000 \cdot 0,68 \cdot 13 = 1394952 = 1,4 \text{ т / год}$$

Суммарный массовый выброс СО грузовыми автомобилями с учетом их среднегодового пробега, как по территории населенного пункта, так и за ее пределами, рассчитывают по формуле (2.10):

$$M_{\text{Ги}} = \sum_{k=1}^5 \sum_{s=1}^3 (M_{\text{iks}} + M'_{\text{iks}}) \cdot K_{\text{Ti}} = (11,17 + 1,4) \cdot 2,0 = 25,14 \text{ т / год}$$

3. Находим суммарную массу СО от автобусов рассматриваемой организации, которые работают на дизельном топливе.

При нахождении массы выбросов (г, т) СО автобусами рассматриваемой организации при движении по территории населенных пунктов, воспользуемся формулой (2.6):

$$M_{\text{лиms}} = m_{\text{лиms}} \cdot L_{\text{лиms}} \cdot K_{\text{ris}} \cdot K_{\text{his}} = 4,5 \cdot 8000 \cdot 0,89 \cdot 0,89 \cdot 2 = 57031,2 \text{ г / год} = 0,057 \text{ т / год}$$

4. Суммарный среднегодовой выброс СО от автотранспорта рассматриваемой организации составит:

$$0,493 + 25,14 + 0,057 = 25,69 \text{ т/год}.$$

Расчет платы за негативное воздействие на окружающую среду от передвижных источников. Определения платы за загрязнение атмосферы передвижными источниками производится исходя из количества израсходованного дизельного топлива, бензина и сжиженного газа.

При наличии на предприятии данных оперативного учета горюче-смазочных материалов (с разбивкой по маркам) плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ в атмосферу от передвижных источников определяется по формуле

$$П_H^{транс.} = \sum_{e=1}^m Y_e \cdot T_e, \quad (2.15)$$

где Y_e – удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании 1 тонны e -го вида топлива, руб. (табл. 2.19);

T_e – количество e -го вида топлива, израсходованного передвижным источником за отчетный период, т.

Если на предприятии отсутствуют данные оперативного учета горюче-смазочных материалов с разбивкой по маркам и расход низкооктанового бензина А-80, как правило, значительно превышает расход высокооктановых марок бензина АИ-92, А-93, А-95 и А-98, в расчете следует применять ставку бензина марки А-80 равную 1,3 рубля за 1 тонну, а по дизельному топливу – 2,5 рубля за 1 тонну. При этом для перевода горюче-смазочных материалов из литров в килограммы используют следующие коэффициенты: для бензина – 0,78, для дизельного топлива – 0,84.

После расчета общей нормативной платы в деноминированных рублях ее обязательно умножают на коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в рассматриваемом регионе и на коэффициент индексации платы по формуле 2.2:

$$П = П_H^{транс.} \cdot K_э \cdot K_u,$$

где $K_э$ – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости;

K_u – коэффициент индексации (инфляции) платы (коэффициент индексации платы в 2010 году составляет 1,46 к уровню 2005 г.);

В случае расчета для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия умножают на дополнительный коэффициент 2, установленный пунктом 2 Постановления от 12 июня 2003 г. № 344.

Таблица 2.19 – Удельная плата за допустимые выбросы загрязняющих веществ, образующихся при использовании транспортными средствами различных видов топлива, руб./т (нормативы 2003 г.)

Наименование топлива	Единица измерения	Плата за 1 единицу измерения, руб.
Бензин неэтилированный	тонна	1,3
Дизельное топливо	тонна	2,5
Керосин	тонна	2,5
Сжатый природный газ	тысяча	0,7
Сжиженный газ	куб. метров	
	тонна	0,9

Пример. Организация (предприятие) имеет в своем распоряжении 3 легковых автомобиля, работающих на бензине, 14 грузовых автомобилей, работающих на дизельном топливе и 5 автобусов, работающих на дизельном топливе. Количество израсходованного топлива за отчетный период (год), т/год: для легкового автомобиля – 7, для грузового – 175 и для автобуса – 120. Определить годовую плату за загрязнение окружающей среды транспортными средствами, которую выплачивает организация, расположенная в Северо-Западном районе РФ.

Решение. Из табл. Кэ = 1,5 для Северо-Западного района.

Определим нормативную плату за допустимые выбросы загрязняющих веществ по формуле: $\Pi_H^{транc.} = \sum_{e=1}^m Y_e \cdot T_e = 1,3 \cdot 7 \cdot 3 + 2,5 \cdot 175 \cdot 14 + 2,5 \cdot 120 \cdot 5 = 7652,30 \text{ руб./год.}$

Тогда годовая плата за загрязнение ОС, выплачиваемая организацией составит $\Pi = 7652,30 \cdot 1,5 \cdot 1,46 = 16758,54 \text{ руб.}$

Задачи для самостоятельного решения

1. В населенном пункте с численностью X тыс. человек по центральной магистрали длиной L км проходит в среднем N автомобилей в час. Средняя скорость движения автомобилей по автомагистрали составляет V км/ч. Определить массу загрязняющих веществ, выбрасываемых автотранспортом за 1 час над территорией рассматриваемой автомагистрали. Долю автомобилей различной категории, движущихся по автомагистрали, смотри в табл. по вариантам задания.

Таблица 2.20

№ варианта	Количество населения, X тыс. чел.	N, шт.	L, км	V, км/ч	Категория автомобиля, (доля в %)							
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
1	330	280	3,5	65	21,43	-	28,57	14,29	28,57	-	7,14	-
2	260	250	2,5	40	72	8	12	8	-	-	-	-
3	180	200	3,4	45	50	-	25	10	10	-	5	-
4	200	220	2,8	50	45,45	-	22,73	9,09	13,64	9,09	-	-

№ ва- ри- ан- та	Количе- ство населе- ния, X тыс. чел.	N, шт.	L, км	V, км/ ч	Категория автомобиля, (доля в %)							
					I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
5	500	400	6,1	60	50	-	30	7,5	5	-	7,5	-
6	430	410	4,3	35	46,34	-	24,39	14,63	-	9,76	4,88	-
7	440	390	4,0	30	35,90	-	25,64	17,94	10,26	10,26	-	-
8	450	385	2,0	40	48,05	3,12	9,86	12,99	12,99	12,99	-	-
9	610	510	2,1	45	41,18	5,88	19,61	9,80	9,80	13,73	-	-
10	320	380	3,0	50	44,74	2,63	13,16	13,16	21,05	-	5,26	-

2. Строительная организация, которая располагается в населенном пункте с населением 65 тыс. человек, имеет в своем распоряжении 3 легковых автомобиля, работающих на бензине, среднегодовой пробег легковых автомобилей по территории населенного пункта составляет 10000 км, а вне населенного пункта – 35000 км. Оценить среднегодовой выброс CO и SO₂ от автотранспорта этой организации.

3. В области зарегистрировано около 105000 легковых автомобилей, причем 70000 из них принадлежат индивидуальным владельцам, а 35000 – предприятиям и организациям. Среднегодовой пробег легковых автомобилей находящихся в индивидуальном пользовании, составляет 10000 км, а принадлежащих организациям – 30000 км. Определить массу SO₂ и NO₂, выбрасываемую от этого автотранспорта за год (транспорт работает на бензине).

4. У гражданина Иванова в частной собственности находится легковой автомобиль с рабочим объемом двигателя 1,6 л, работающий на бензине. Среднегодовой пробег автомобиля по территории населенного пункта с численностью населения 150 тыс. человек составляет около 3000 км, а вне территории населенного пункта – 25000 км. Определить массу загрязняющих веществ CO, NO₂ и CH₄, поступающих от автомобиля в течение года.

5. На автотранспортном предприятии, расположенном в городе с населением 750 тыс. человек, имеется 100 автомобилей-такси (рабочий объем двигателя 1,5 л), работающих на дизельном топливе, со среднегодовым пробегом 30000 км. Определить среднегодовое количество CO и NO₂, выбрасываемое автотранспортом названного АТП.

6. Автотранспортное предприятие имеет в своем распоряжении 2 легковых автомобиля (рабочий объем двигателя 1 – 0,8 л, 2 – 1,8 л), работающих на бензине, 10 грузовых автомобилей (грузоподъемностью 5-8 тонн) и 2 автобуса среднего размера, работающих на дизельном топливе. Количество израсходованного топлива за год: для легкового автомобиля – 77,4 т; для грузового – 150 т и для автобуса – 25 т. Определить годовую плату за

загрязнение окружающей среды транспортными средствами, которую выплачивает организация, расположенная в Дальневосточном районе.

7. В городе, с численностью населения 400 тыс. чел., зарегистрировано около 207 тыс. легковых автомобилей, принадлежащих индивидуальным владельцам. Среднегодовой пробег автомобилей по городу составляет 250000 км. Определить массу СО и углеводородов, выбрасываемых автотранспортом за год, если принять рабочий объем двигателя 1,3 - 1,8 л.

8. Частное предприятие, расположенное в г.Тула, имеет в своем распоряжении 15 газелей для перевозки пассажиров. Десять газелей работают на сжиженном газе и расходуют 159,3 т/год топлива, 5 газелей работают на дизельном топливе и расходуют 78,5 т/год топлива. Определить годовую плату за загрязнение окружающей среды указанными транспортными средствами.

Таблица 2.21 – Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы по территориям экономических районов РФ

Экономические районы РФ	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы	
	атмосферный воздух [*]	почвы ^{**}
Северный	1,4	1,4
Северо-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,7
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1
Калининградская область	1,5	1,3

^{*} Применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 при выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов.

^{**} Применяется при взимании платы за размещение отходов.

Лабораторная работа № 3

РАСЧЕТ ПРЕДЕЛЬНО ДОПУСТИМЫХ ВРЕДНЫХ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы: научиться определять ПДВ.

Краткие теоретические сведения

В соответствии с Федеральным законом "Об охране атмосферного воздуха", атмосферный воздух – это жизненно важный компонент окружающей природной среды, представляющий собой естественную смесь газов атмосферы находящуюся за пределами жилых, производственных и иных помещений.

Атмосферный воздух является одним из основных жизненно важных компонентов окружающей природной среды, благоприятное состояние которого составляет естественную основу устойчивого социально-экономического развития страны. Он выполняет биологические, производственные, транспортные и иные функции. Атмосферный воздух более чем другие природные объекты, в силу присущих ему свойств, связан с жизненными интересами людей, его качество непосредственно влияет на здоровье человека, продолжительность жизни, а также на качественное состояние других элементов окружающей среды, особенно животного и растительного мира.

Загрязнение атмосферы Земли — принесение в атмосферный воздух новых нехарактерных для него физических, химических и биологических веществ или изменение их естественной концентрации.

Виды загрязнения:

По источникам загрязнения выделяют два вида загрязнения атмосферы:

- *естественное;*
- *от деятельности человека.*

По характеру загрязнителя загрязнение атмосферы бывает трёх видов:

- *физическое* — механическое (пыль, твердые частицы), радиоактивное (радиоактивное излучение и изотопы), электромагнитное (различные виды электромагнитных волн, в том числе радиоволны), шумовое (различные громкие звуки и низкочастотные колебания) и тепловое загрязнение (например, выбросы тёплого воздуха и т. п.)

- *химическое* — загрязнение газообразными веществами и аэрозолями. На сегодняшний день основные химические загрязнители атмосферного воздуха это: оксид углерода (IV), оксиды азота, диоксид серы, углеводороды, альдегиды, тяжёлые металлы (Pb, Cu, Zn, Cd, Cr), аммиак, пыль и радиоактивные изотопы

• *биологическое* — в основном загрязнение микробной природы. Например, загрязнение воздуха вегетативными формами и спорами бактерий и грибов, вирусами, а также их токсинами и продуктами жизнедеятельности.

Источники загрязнения:

Основными источниками загрязнения атмосферы являются:

• **Природные** (естественные загрязнители минерального, растительного или микробиологического происхождения, к которым относят извержения вулканов, лесные и степные пожары, пыль, пыльцу растений, выделения животных и др.)

• **Искусственные** (антропогенные), которые можно разделить на несколько групп:

— транспортные — загрязнители, образующиеся при работе автомобильного, железнодорожного, воздушного, морского и речного транспорта;

— производственные — загрязнители, образующиеся как выбросы при технологических процессах, отоплении;

— бытовые — загрязнители, обусловленные сжиганием топлива в жилище и переработкой бытовых отходов.

По составу антропогенные источники загрязнения атмосферы также можно разделить на несколько групп:

• **Механические загрязнители** — пыль цементных заводов, пыль от сгорания угля в котельных, топках и печах, сажа от сгорания нефти и мазута, истирающиеся автопокрышки и т. д.;

• **Химические загрязнители** — пылевидные или газообразные вещества, способные вступать в химические реакции;

• **Радиоактивные загрязнители** [1].

Предельно допустимые выбросы ПДВ.

ПДВ. Проект нормативов **предельно допустимых выбросов** (проект ПДВ) разрабатывается на основании Закона Российской Федерации "Об охране атмосферного воздуха". "Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий" ОНД-86, Санитарных норм проектирования промышленных предприятий СН-244, ГОСТа 17.2.3.02-78 и других нормативных правовых и методических документов.

ПДВ. Предельно допустимые выбросы. **Предельно допустимый выброс** (проект ПДВ) - является нормативом выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, который нормируется для стационарного источника загрязнения в соответствии с техническим нормативом предельно допустимых выбросов и уровнем фонового загрязнения атмосферного воздуха, при условии обязательного не превышения данным источником экологических нормативов предельно допустимого уровня за-

грязнения атмосферного воздуха, предельно допустимого воздействия на экологические системы.

В соответствии с природоохранным законодательством РФ все юридические лица, имеющие источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, обязаны обеспечивать проведение инвентаризации опасных отходов и вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и **разработать проект предельно допустимых выбросов** (проект ПДВ).

Проект нормативов предельно допустимых выбросов, проект ПДВ включает разработку перечня оптимальных мероприятий по снижению уровня негативного воздействия на окружающую среду и обеспечивающих нормативный уровень предельно допустимых приземных концентраций вредных веществ в жилой зоне в пределах нормируемых величин. Для каждого источника загрязняющих веществ в атмосферу разрабатывается проект ПДВ, чтобы суммарная предельно допустимая концентрация указанных веществ с учетом фоновое загрязнение не превышала санитарных нормативов.

При разработке проекта ПДВ проводится первичная оценка источников загрязнения. Инвентаризируются все источники образования загрязняющих веществ, приблизительная номенклатура веществ и объем **выбросов**. Выявляются объекты, включенные в нормативную санитарно-защитную зону предприятия. На основании собранных данных проводится разработка и согласование тома ПДВ, получение разрешения на выбросы загрязняющих веществ в рамках предельно допустимых нормативов.

Перечень документов для разработки проекта ПДВ.

Краткая информация о производственной деятельности, штатах и структуре предприятия с описанием назначения и характеристик всех объектов (производственные и коммерческие подразделения, участки, цеха, бригады, офисы, отделы, здания, сооружения и др.).

- Реквизиты предприятия.
- Карта-схема предприятия, ситуационная карта-схема расположения предприятия.
- Свидетельство о государственной регистрации юридического лица.
- Договор аренды либо свидетельство собственности на землю, здания, помещения и сооружения.
- Справка о расходе сырья и материалов за год.
- Перечень технологического оборудования.
- Описание технологического процесса (подробно).
- Наличие пылегазоочистного оборудования (ПГУ), паспорта на ПГУ, производительность и т.п.

- Схема систем вентиляции и кондиционирования воздуха с указанием диаметров, высоты всех труб, марки вентиляторов и их производительность, число часов работы в сутки и т.п.
- Справка о транспортных средствах, находящихся на балансе предприятия с указанием марки, количества, планируемого пробега, мест их стоянки (хранения), технического обслуживания и ремонта.
- Квалификационный аттестат об экологическом образовании ответственного за экологию на предприятии.
- Предыдущий проект предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ ПДВ (если есть).

Общие вопросы при разработке проекта ПДВ. Норматив предельно допустимого выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, устанавливаемый для передвижных и стационарных источников выбросов, технологических процессов и оборудования, отражающий максимально допустимую массу выброса каждого вещества в атмосферу в расчете на единицу продукции, мощности оборудования, пробега транспортных или иных передвижных средств и др.

Государственное регулирование нормативов предельно допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух предусматривает перечень нормативов выбросов:

- технический норматив предельно допустимых выбросов вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух;
- предельно допустимый выброс вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух;

Технические нормативы предельно допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух устанавливаются государственными стандартами Российской Федерации, а при их отсутствии до момента принятия - Ростехнадзором.

Норматив предельно допустимого выброса (проект ПДВ) формулируется как:

Норматив предельно допустимого выброса ПДВ вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух, устанавливаемый для стационарного источника загрязнения с учетом технических нормативов выбросов и фоновое загрязнение атмосферы при условии не превышения данным источником гигиенических и экологических нормативов качества атмосферного воздуха и предельно допустимых (критических) нагрузок на экологические системы;

Норматив предельно допустимого выброса, задающий массу выброса вещества в единицу времени (г/с т/г), при которой обеспечивается соблюдение санитарно-гигиенических нормативов в воздухе населенных мест (ПДК_{мр} и др.) при наиболее неблагоприятных для рассеивания усло-

виях. ГОСТ 17.2.3.02-78 определяет предельно допустимый выброс (проект ПДВ) как количество вредного вещества, выбрасываемое в атмосферу в единицу времени, которое не разрешается превышать со стороны предприятия или другого источника загрязнения атмосферного воздуха.

При совместном попадании загрязняющих веществ в атмосферный воздух могут иметь место следующие виды воздействий на окружающую среду:

- независимое действие веществ;
- суммация (аддитивность) воздействий, когда вещества обладают однотипным воздействием, суммируемым пропорционально концентрациям загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и обратно пропорционально их предельно допустимым концентрациям;
- сверхсуммация или потенцирование (синергизм), когда взаимное влияние веществ усиливает эффект суммации;
- антагонизм или ингибирование, когда происходит снижение воздействия одного или нескольких веществ в результате их взаимного влияния, т.е. снижается эффект суммации.

Временно согласованный выброс (ВСВ) - лимит выброса вредного (загрязняющего) вещества в атмосферный воздух устанавливаемый для стационарных источников выбросов с учетом качества атмосферного воздуха и социально-экономических условий развития соответствующей территории в целях поэтапного достижения норматива предельно допустимого выброса ПДВ.

Основанием для определения временно согласованного выброса (ВСВ) загрязняющего вещества в атмосферу может служить:

- превышение фоновой концентрации загрязняющего вещества в месте расположения малого предприятия над значениями предельно допустимых концентраций ПДК;
- наличие объективных технических или экономических причин, не допускающих достижения предприятием норматива предельно допустимых выбросов (ПДВ) на данный момент.

Разработка предельно допустимых и временно согласованных выбросов обеспечивается юридическим лицом, на основе:

проектной документации (в отношении вводимых в эксплуатацию новых и (или) реконструированных объектов хозяйственной и иной деятельности) и данных инвентаризации предельно допустимых выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух (в отношении действующих объектов хозяйственной и иной деятельности).

Содержание проекта предельно-допустимых выбросов (проект ПДВ).

В структуру проекта ПДВ входят следующие разделы:

В «Аннотации» к проекту нормативов ПДВ следует отразить основные результаты проведенной работы с указанием:

(1) общего числа загрязняющих веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферу;

(2) количества видов веществ, обладающих эффектом суммации вредного действия, для которых разработаны нормативы выбросов;

(3) числа источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в целом по предприятию;

(4) сроков достижения нормативов ПДВ по ингредиентам; необходимых для этого затрат;

(5) величины ущерба, наносимого выбросами предприятия.

1. Введение. Во введении приводят перечень основных документов, на основании которых разработан том проекта ПДВ.

2. Общие сведения о предприятии приводят:

Почтовый адрес предприятия, количество промплощадок, взаиморасположение предприятия и граничащих с ним характерных объектов - жилых массивов, промышленных зон, лесов, сельскохозяйственных угодий, транспортных магистралей и т.д.

Карты - схемы предприятия с нанесенными на нее источниками выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

Ситуационные карты - схемы района размещения предприятия с указанием границ санитарно - защитной зоны, селитебной территории, зон отдыха, постов наблюдения за загрязнением атмосферного воздуха.

3. Характеристика предприятия как источника загрязнения атмосферы

Краткая характеристика технологии производства и технологического оборудования (описание выпускаемой продукции, основного исходного сырья, расход основного и резервного топлива) с точки зрения загрязнения атмосферы. При этом учитывается наличие в выбросах всех загрязняющих веществ, образующихся в технологическом процессе, а также все химические превращения выбрасываемых веществ.

Краткая характеристика существующих установок очистки газа, укрупненный анализ их технического состояния и эффективности работы.

Оценка степени соответствия применяемой технологии, пылегазоочистного оборудования передовому научно-техническому уровню в стране и за рубежом.

Перспективы развития или технического перевооружения предприятия. При этом необходимо учитывать данные об изменениях производительности предприятия, реконструкции, сведения о ликвидации производств, источников выброса, строительстве новых технологических линий и агрегатов, общие сведения об основных перспективных направлениях воздухоохраных мероприятий, сроки проведения реконструкций, расширения и введения в действие новых производств, цехов и т.д.

Перечень загрязняющих веществ выбрасываемых в атмосферу в виде таблицы. Количественная характеристика выбрасываемых в атмосферу загрязняющих веществ в т/год приводится по усредненным годовым значениям в зависимости от изменения режима работы предприятия, технологического процесса и оборудования, характеристик сырья, топлива и т.д.

Характеристика аварийных выбросов в виде таблицы. Также приводится краткая характеристика условий, при которых возможны аварийные и залповые выбросы.

Параметры выбросов загрязняющих веществ для расчета ПДВ от организованных и неорганизованных источников выбросов загрязняющих веществ в атмосферу представляются с учетом требований приложения 3 к ГОСТ 17.2.3.02-78.

Обоснование полноты и достоверности исходных данных, принятых для расчета проекта ПДВ. При этом описываются, откуда взяты исходные данные - из журналов первичного учета, из форм статистической отчетности 2ТП-воздух, получены инструментальными замерами, расчетными или балансовыми методами.

Сведения о влиянии выбросов загрязняющих веществ на воду, почву, растительность, здоровье населения.

4. Проведение расчетов и определение предложений нормативов ПДВ

Наименование использованной программы расчета загрязнения атмосферы. Метеорологические характеристики и коэффициенты, определяющие условия рассеивания загрязняющих веществ.

Результаты расчетов уровня загрязнения атмосферы на существующее положение и с учетом перспективы развития, выполненные в соответствии с ОНД-86, ситуационные карты-схемы с нанесенными на них изолиниями расчетных концентраций; максимальные приземные концентрации в жилой зоне и на границе санитарно-защитной зоны; перечень источников дающих наибольшие вклады в уровень загрязнения атмосферы в виде таблицы.

Предложения по нормативам ПДВ по каждому источнику и ингредиенту занесенные в таблицу. Если в воздухе населенного пункта концентрации загрязняющих веществ превышают ПДК, разрабатывается план мероприятий по снижению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу.

План мероприятий оформляется по нижеприведенной форме:

Формулируется обоснование возможности достижения нормативов ПДВ с учетом использования малоотходных технологий и других планируемых мероприятий, в том числе перепрофилирования или сокращения объема производства.

Оценка экономической эффективности предлагаемых мероприятий по достижению нормативов ПДВ и причиняемого ущерба от загрязнения атмосферы, осуществленная по отраслевым и федеральным методикам.

Приведено уточнение размеров санитарно - защитной зоны.

Данные о численности населения, проживающего в санитарно - защитной зоне и на территории, подлежащей к включению в санитарно - защитную зону.

Документы (материалы), свидетельствующие об учете специальных требований (при их наличии) к качеству атмосферного воздуха для данного района, в случае, если в районе размещения предприятия или в прилегающей к предприятию территории расположены зоны заповедников, музеев, памятников архитектуры и т.д.

5. Мероприятия по регулированию выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях

План мероприятий по сокращению выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Общую характеристику выбросов вредных веществ в период НМУ с указанием наименования цеха (участка), номера источников выбросов и его высоты, параметров выброса в нормальных метеоусловиях и при различных режимах НМУ.

Краткую характеристику каждого конкретного мероприятия с учетом реальных условий эксплуатации технологического оборудования (сущность технологии, необходимые расчеты и обоснование технологий).

Обоснование возможного диапазона регулирования выбросов по каждому мероприятию.

План-график контроля выбросов загрязняющих веществ в атмосферу в периоды неблагоприятных метеорологических условий.

Экономическую оценку мероприятий по регулированию выбросов в периоды НМУ.

Инвентаризация выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

Общие положения

1. В Федеральный Закон «Об охране атмосферного воздуха» впервые введена статья, касающаяся инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух.

В соответствии со статьей 22 «Инвентаризация выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников»:

«Юридические лица, имеющие источники выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух, проводят инвентаризацию выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух и их источников в порядке, определенном специально уполномоченным федеральным органом исполнительной власти в области охраны атмосферного воздуха» (в настоящее время Министерство природных ресурсов РФ, далее МПР).

Инвентаризацию выбросов вредных веществ в атмосферу (в дальнейшем «инвентаризацию») проводят все действующие предприятия, организации, учреждения независимо от их организационно-правовых форм и форм собственности, производственная деятельность которых связана с выбросом загрязняющих веществ в атмосферу.

Ответственность за полноту и достоверность данных инвентаризации несет предприятие (в лице руководителя).

Инвентаризация выбросов проводится 1 раз в 5 лет.

2. Определение параметров источников загрязнения атмосферы (ИЗА) должно осуществляться при регламентных загрузке и условиях эксплуатации технологического и пылегазоочистного оборудования. Наряду с этим, параметры ИЗА следует фиксировать и на основных режимах работы технологического оборудования (установки) и стадиях технологических процессов.

Для определения количественных и качественных характеристик выделений и выбросов загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосферу используются инструментальные и расчетные (балансовые, а также основанные на удельных технологических нормативах или закономерностях протекания физико-химических процессов) методы. К расчетным методам, как правило, относятся и расчетно-аналитические методы, в которых в качестве параметров расчетных формул для определения величин выброса (г/с) используются значения измеренных концентраций вредных веществ (мг/м³) в атмосферном воздухе.

Выбор методов определения количественных и качественных характеристик выделений и выбросов ЗВ в атмосферу зависит, в первую очередь, от характера производства и типа источника.

Инструментальные методы являются преобладающими для источников с организованным выбросом загрязняющих веществ в атмосферу.

К основным источникам с организованным выбросом относятся:

- дымовые и вентиляционные трубы;
- вентиляционные шахты;
- аэрационные фонари;
- дефлекторы.

Расчетные методы применяются, в основном, для определения характеристик источников с неорганизованными выделениями (выбросами). К ним относятся:

- неплотности оборудования (в т.ч. работающего при избыточном давлении);
- погрузочно-разгрузочные работы;
- открытое хранение сырья, материалов и отходов;
- оборудование и технологические процессы как в производственных помещениях, не оснащенных вентиляционными установками, так и распо-

ложенные на открытом воздухе (например, передвижные сварочные посты, резервуары хранения нефти и нефтепродуктов и т.д.);

- пруды-отстойники и накопители, нефтеловушки, шлако- и хвостохранилища, открытые поверхности испарения и т.п.;

- взрывные работы;

- открытые стоянки автотранспорта;

- передвижные источники, эксплуатируемые на производственной территории (автотранспорт, тепловозы, дорожная и строительная техника, речные суда и т.п.).

При этом могут использоваться только методики, рекомендованные в установленном порядке к применению в перечне или в документах, дополняющих и корректирующих этот перечень.

При наличии согласованных МПР (Госкомэкологии) отраслевых методических документов по инвентаризации (нормированию, контролю) выбросов выбор метода регламентируется соответствующими положениями этих документов.

Примечание: При отсутствии методов по расчету выделений (выбросов) в атмосферу от оборудования, расположенного в производственных помещениях, и невозможности проведения инструментальных измерений (по причинам технического или экономического характера) в отдельных случаях для определения массы выделения (выброса) в качестве исходной информации используются значения ПДК рабочей зоны и расчетные оценки воздухообмена в данном помещении.

3. Многие из часто встречающихся недостатков при проведении работ по нормированию выбросов обусловлены недостаточностью информации в отчетах по инвентаризации выбросов, которые являются основой для подготовки данных о параметрах выбросов при проведении расчетов загрязнения атмосферы.

Ниже приведены некоторые из этих недостатков.

- Неучет времени действия источника, если оно менее 20 мин. Отсутствие информации о времени непрерывного действия источника, если оно менее 20 мин. и периодичности работы источника в течение этого промежутка времени.

- Отсутствие информации об экспозиции измерения концентраций вредных веществ в дымовых газах, если она менее 20 мин. Представление в отчетных таблицах инвентаризации данных о параметрах газовой смеси, приведенных к нормальным условиям, в то время как при проведении расчетов загрязнения атмосферы в качестве исходных данных следует использовать значения этих параметров, соответствующие фактическим параметрам выбрасываемой пылегазовоздушной смеси. Наряду с этим, некоторые погрешности в определении параметров газовой смеси часто связаны с неучетом концентраций содержащихся в ней паров воды.

- Отсутствие информации о том, к каким режимам работы технологического оборудования или стадиям технологического процесса относятся полученные результаты инвентаризации.

- Отсутствие информации о временном режиме работы однотипного оборудования, участков и цехов предприятия, а также стадий технологических процессов.

- Неправильное (с точки зрения их использования при расчетах загрязнения атмосферы) задание координат площадных источников.

- Недостаточность информации о неорганизованных выбросах от открытых пылящих поверхностей и поверхностей испарения. Как известно, эти выбросы относятся к так называемым «фугитивным», и их масса зависит от гидрометеорологических условий, в первую очередь, от скорости ветра.

4. Следует обратить внимание на завершающую стадию работ по инвентаризации выбросов, связанную с оформлением соответствующей документации, а именно «Отчета по инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух предприятия».

Нередки случаи, когда инвентаризация выбросов ограничивается источниками с организованными выбросами, определение которых выполнялось инструментальными методами. При этом результаты расчетного определения выбросов от ряда источников с организованным выбросом, в основном не оснащенных ПГУ, и всей совокупности источников с неорганизованным выбросом не включаются в отчет по инвентаризации. В этих случаях результаты расчетного определения выбросов, как правило, включаются в проект нормативов ПДВ (ВСВ) предприятия. Это приводит к тому, что на предприятии отсутствует единый отчет по инвентаризации выбросов, требуется дополнительная работа по составлению разделов III и IV отчета по инвентаризации, и, кроме того, неоправданно увеличивается объем работы по рассмотрению проектов нормативов ПДВ (ВСВ) в контролирующих органах.

5. В соответствии с положением ст. 22 на основании данных о результатах инвентаризации выбросов вредных (загрязняющих) веществ в атмосферный воздух должны устанавливаться источники выбросов и перечни вредных (загрязняющих) веществ, подлежащих нормированию.

До введения в действие нормированию подлежали выбросы любых вредных веществ вне зависимости от их массы и степени воздействия на атмосферный воздух. В результате на многих предприятиях, (в т.ч. использующих сырье и топливо с широким спектром микропримесей, содержащихся в них) предлагалось нормировать большое количество вредных веществ, выбросы которых не оказывают сколько-нибудь ощутимого (значимого) воздействия на атмосферный воздух. Все это увеличивает объем работ по нормированию, а затем, и по контролю выбросов.

Для того чтобы определить источники и перечень вредных веществ, подлежащих нормированию, в НИИ Атмосфера разработаны критерии, позволяющие на первом этапе этой работы без проведения расчетов загрязнения атмосферы по унифицированным программам расчета загрязнения атмосферы (УПРЗА) определить перечень нормируемых вредных веществ, а затем (при необходимости) уточнить этот перечень с помощью расчетов загрязнения атмосферы по УПРЗА.

6. В практике воздухоохранной деятельности нередки случаи, когда для предприятия инвентаризацию выбросов выполняет одна организация, а проект нормативов ПДВ разрабатывает другая организация. При рассмотрении проекта нормативов ПДВ в контролирующих органах выявляются недостатки, связанные с неполнотой учета источников и вредных веществ, недостаточной обоснованностью данных инвентаризации. В результате предприятие вынуждено нести дополнительные расходы по уточнению инвентаризации. Поэтому целесообразно, чтобы предприятие при заключении договора на проведение инвентаризации с подрядной организацией предусматривало гарантийные обязательства исполнителя по корректировке инвентаризации и компенсации затрат предприятия, понесенных им вследствие неправильной инвентаризации, в случаях, когда необходимость таких действий возникла по вине исполнителя.

Со своей стороны предприятие должно нести ответственность за предоставление исполнителю полных и достоверных данных о технологии производства, материальных балансах, составе сырья и топлива, наличие паспортов вентустановок и газоочистного оборудования (ГОУ), а также обеспечить работу оборудования на режимах, необходимых для проведения инвентаризации.

Рекомендации к выполнению работы

Расчет норматива ПДВ.

Вредные вещества, выбрасываемые из труб и вентиляционных устройств промышленных предприятий, рассеиваются в атмосфере.

На процесс рассеивания выбросов оказывают влияние:

- состояние атмосферы;
- расположение предприятий;
- характер местности;
- химические и физические свойства выбрасываемых веществ;
- высота источника выбросов;
- диаметр устья источника и др.

Основным документом, регламентирующим расчет рассеивания и определения приземных концентраций веществ, выбрасываемых предприятиями ОНД – 86. Для характеристики объема вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу отдельными источниками загрязнения, установлена

величина **предельно допустимого выброса (ПДВ)**, которая рассчитывается по ОНД – 86 и регламентируется ГОСТом 17.2.3.02 – 78.

В основу “Методики расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий” - ОНД-86 положено условие, при котором **суммарная концентрация каждого вредного вещества (C_{Σ} мг/м³) не должна превышать максимально разовую ПДК данного вещества в атмосферном воздухе:**

$$C_{\Sigma} = C_m + C_{\phi} < ПДВ_{м.р}, \quad (3.1)$$

где C_m - максимальная концентрация загрязняющего вещества в приземном воздухе, создаваемая источниками выбросов, мг/м³.

C_{ϕ} - фоновая концентрация загрязняющего вещества, характерная для данной местности, мг/м³.

Нормативный метод позволяет рассчитывать концентрации, создаваемые дымовыми трубами. Эти концентрации относятся к так называемым “**неблагоприятным метеоусловиям**”, продолжительность которых не превышает 1-2 % дней в году.

Расчет концентраций, обусловленных выбросами одиночного источника.

Под одиночным или точечным источником понимается дымовая труба предприятия.

Опорным значением является максимальное значение обусловленной предприятием приземной концентрации.

Максимальная приземная концентрация вредного вещества (C_m , мг/м³) при выбросе газовой смеси из точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеоусловиях на расстоянии X_m (м) от источника:

а) для горячих источников ($\Delta T > 0$):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}; \quad (3.2)$$

б) для источников, температура выбросов которых мало отличается от температуры воздуха, ($\Delta T \approx 0$):

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot K \cdot n \cdot \eta}{H^{4/3}}, \text{ где} \quad (3.3)$$

где H – высота трубы, м;

M – масса выбрасываемого в атмосферу в единицу времени вещества, г/с;

$\Delta T = T_g - T_a$ – разность температур выбрасываемых газов и атмосферного воздуха;

V_1 – полный расход выбрасываемых газов на срезе трубы, м³/с определяется по формуле

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0, \quad (3.4)$$

где D (м) – диаметр устья источника;

ω_0 – средняя скорость выхода газов из источника выбросов;

$$\omega_0 = \frac{V_1}{0,785 \cdot D^2} \quad (3.5)$$

где η – безмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа. Для равнинного ландшафта $\eta=1$;

A, F, n – коэффициенты, определение которых дано ниже.

Климатический коэффициент A , зависящий от температурной стратификации атмосферы.

Рассеивающие свойства атмосферы при неблагоприятных метеоусловиях, т.е. при условиях, отвечающих максимуму концентраций, определяются климатической зоной РФ и приведены в таблице.

Таблица 3.1 - Значение коэффициента A

Географические районы РФ	A
Читинская область, Бурятия	250
Для районов РФ южнее 50° с.ш.; для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа; для азиатской территории РФ, Дальнего Востока, остальной территории Сибири	200
Для Европейской территории РФ и Урала от 50 до 52° с.ш. (за исключением центра ЕТ)	180
Европейская территория РФ и Урала севернее 52° с.ш. (за исключением центра ЕТ)	160
Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области	140

Коэффициент F , учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосфере.

Интенсивность оседания вредных веществ зависит:

- от скорости оседания частиц;
- турбулентности;
- скорости ветра;
- размеров частиц и т.д.

Таблица 3.2 - Значение безразмерного коэффициента F

Наименование	F
Газы, мелкодисперсные аэрозоли (пыли, золы и т. п.), скорость упорядоченного оседания которых практически равна 0	1
Мелкодисперсные аэрозоли (кроме указанных выше) при коэффициенте очистки:	
· не менее 90 %;	2
· от 75 % до 90 %;	2,5
· менее 75 %;	3
· при отсутствии очистки	3

Коэффициенты m и n , учитывающие подъем факела под трубой.

Значение этих коэффициентов определяются по вспомогательным величинам, вычисляемым в свою очередь по конструктивным параметрам:

$$f = \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}; \quad (3.6)$$

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}}; \quad (3.7)$$

$$V'_m = 1,3 \cdot \frac{\omega_0 \cdot D}{H}; \quad (3.8)$$

$$f_e = 800 \cdot (V'_m)^3. \quad (3.9)$$

Коэффициент m определяется по формуле

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f < 100; \quad (3.10)$$

$$m = \frac{1.47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100. \quad (3.11)$$

В случаях, когда $f_e < f < 100$ коэффициент m вычисляется при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от V_m :

а) $n = 1$ при $V_m \geq 2$;

б) $n = 0.532 \cdot V_m^2 - 2.13 \cdot V_m + 3.13$ при $0.5 \leq V_m < 2$;

в) $n = 4.4$ при $V_m < 0.5$

Для холодных выбросов ($\Delta T \approx 0$) расчет приземной концентрации выполняется по формуле, в которой:

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} = \frac{1}{(7.1 \cdot \sqrt{\omega_0 \cdot V_1})}. \quad (3.12)$$

Для предельно малых опасных скоростей ветра, когда $f < 100$, $V_m < 0.5$ или $f \geq 100$, $V'_m < 0.5$ приземные концентрации рассчитываются по формуле

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m' \cdot \eta}{H^{7/3}}; \quad (3.13)$$

$$m' = 2,86 \text{ при } f < 100; V_m < 0.5;$$

$$m' = 0,9 \text{ при } f \geq 100, V'_m < 0.5.$$

Расстояние X_m от источника до координаты максимума концентраций.

Для горячих источников расстояние X_m (м) от источника выбросов до точки, в которой приземная концентрация C (мг/м³) при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения C_m , определяется по формуле

$$X_{\text{м}} = \frac{5-F}{4} \cdot H \cdot d, \quad (3.14)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ находится по формулам

$$d = 2.48 \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f_e}) \text{ при } V_m \leq 0.5; \quad (3.15)$$

$$d = 4.95 \cdot V_m \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } 0.5 < V_m \leq 2; \quad (3.16)$$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) \text{ при } V_m > 2. \quad (3.17)$$

Для холодных источников при $f > 100$ значение коэффициента d находится по формулам:

$$d = 5.7 \text{ при } V'_m \leq 0.5; \quad (3.18)$$

$$d = 11.04 \cdot V'_m \text{ при } 0.5 < V'_m \leq 2; \quad (3.19)$$

$$d = 16 \cdot \sqrt{V'_m} \text{ при } V'_m > 2 \quad (3.20)$$

Опасная скорость ветра U_m . Как показали исследования, при прочих равных условиях приземная концентрация достигает своего максимума C_m при некоторой, получившей название **опасной скорости ветра U_m (м/с)**. При больших и меньших скоростях концентрации снижаются.

Поскольку скорость ветра с высотой увеличивается, принято измерять ее на отметке 10 м.

Для горячих источников в случае $f < 100$ опасная скорость ветра определяется по формуле

$$U_m = 0.5 \text{ м/с при } V_m \leq 0.5; \quad (3.21)$$

$$U_m = V_m \text{ при } 0.5 < V_m \leq 2; \quad (3.22)$$

$$U_m = V_m \cdot (1 + 0.12 \cdot \sqrt{f}) \text{ при } V_m > 2 \quad (3.23)$$

Для холодных источников в случае $f \geq 100$:

$$U_m = 0.5 \text{ м/с при } V'_m \leq 0.5; \quad (3.24)$$

$$U_m = V'_m \text{ при } 0.5 < V'_m \leq 2; \quad (3.25)$$

$$U_m = 2.2 \cdot V'_m \text{ при } V'_m > 2 \quad (3.26)$$

Предельно допустимый выброс вредных веществ в атмосферу (ПДВ).

ПДВ устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы таким образом, чтобы выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере, не создавали приземную концентрацию, превышающую их ПДК для населения, растительного и животного мира (ГОСТ 17.2.3.02-78).

ПДВ (г/с) должны устанавливаться для времени года и нагрузки, сочетание которых дает максимальные приземные концентрации. Для ТЭЦ, например, это наиболее холодный период года, когда тепловые и электри-

ческие нагрузки максимальны. ПДВ устанавливается для каждой дымовой трубы и предприятия в целом.

ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях учета суммации вредного действия нескольких веществ.

При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации C_{ϕ} .

Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем в случаях $C_{\phi} < \text{ПДК}$ определяется для горячих источников по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК}_{\text{м.р.}} - C_{\phi}) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}, \text{ г/с.} \quad (3.27)$$

Для холодных выбросов ($\Delta T \approx 0$), в случае $f \geq 100$:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК}_{\text{м.р.}} - C_{\phi}) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta} \cdot \frac{8 \cdot V_1}{D}, \text{ г/с.} \quad (3.28)$$

Пример расчета норматива ПДВ.

В городе Барнаул имеется котельная, расположенная на ровной местности, время ее работы 5760 час/год. Высота дымовой трубы $H=35$ м; диаметр устья $D = 1,4$ м; объем выбрасываемой газозооушной смеси $V_1 = 10,8$ м³/с; валовой выброс зооы $M = 2,6$ г/с; $C_{\phi} = 0$; $\text{ПДК}_{\text{м.р.}}$ для зооы = 0,05 мг/м³; температура газозооушной смеси $T_1 = +125$ °C, температура самого жаркого месяца (июль) $T_1 = +25$ °C. Определить величину максимального загрязнения C_m зооой приземного слоя атмосферы, расстояние X_m от источника выброса, опасную скорость ветра U_m . Рассчитать норматив предельно-допустимого выброса (ПДВ).

$$1. C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \text{ мг/м}^3$$

$$a) \Delta T = T_c - T_g = 125 - 25 = 100^\circ \text{C}$$

$$6) V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \omega_0;$$

$$\omega_0 = \frac{V_1}{0.785 \cdot D^2} = \frac{10.8}{0.785 \cdot 1.4^2} = 7.02 \text{ м/с}$$

$$в) f = \frac{\omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{7.02^2 \cdot 1.4}{35^2 \cdot 100} = 0.56$$

$$V_m = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta T}{H}} = 0.65 \cdot \sqrt[3]{\frac{7.02 \cdot 100}{35}} = 2.04$$

$$г) \text{ при } f < 100$$

$$m = \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{f} + 0.34 \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0.67 + 0.1 \cdot \sqrt{0.56} + 0.34 \sqrt[3]{0.56}} = 0.98$$

$$д) \text{ при } f < 100, n=1, \text{ при } V_m \geq 2$$

$$е) A=200 \text{ (таб.1)}, F=1 \text{ (таб.1)}, \eta=1$$

$$C_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 2.6 \cdot 0.98 \cdot 1 \cdot 1}{35^2 \cdot \sqrt[3]{10.8 \cdot 100}} = 0.041 \text{ мг/м}^3$$

$$2. X_m = \frac{5-F}{4} \cdot H \cdot d, \text{ м}$$

при $V_m > 2$

$$d = 7 \cdot \sqrt{V_m} \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{f}) = 7 \cdot \sqrt{2.04} \cdot (1 + 0.28 \cdot \sqrt[3]{0.56}) = 12.32$$

$$X_m = \frac{5-1}{4} \cdot 35 \cdot 12.32 = 43.12 \text{ м}$$

3. при $f < 100$ и $V_m > 2$

$$U_m = V_m \cdot (1 + 0.12 \cdot \sqrt{f}) = 2.04 \cdot (1 + 0.12 \cdot \sqrt{0.56}) = 2.22 \text{ м/с}$$

4. $C_\phi = 0 < ПДК_{м.р.}$

$$ПДВ = \frac{(ПДК_{м.р.} - C_\phi) \cdot H^2}{A \cdot F \cdot n \cdot m \cdot \eta} \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T} = \frac{(0.05 - 0) \cdot 35^2}{200 \cdot 1 \cdot 0.98 \cdot 1} \cdot \sqrt[3]{10.8 \cdot 100} = 3.21 \text{ г/с}$$

За год работы котельной ПДВ составит:

$$ПДВ = 3.21 \cdot 3600 \cdot 5760 = 66.56 \text{ т/год.}$$

Варианты для самостоятельного решения

В городе Севастополь имеется котельная, расположенная на ровной местности, время ее работы 5760 ч/год. Высота дымовой трубы $H=45$ м; диаметр устья $D=1,6$ м; объем выбрасываемой газовойдушной смеси $V_1=12,8$ м³/с; валовой выброс золы $M=3,6$ г/с; $C_\phi = 0$; $ПДК_{м.р.}$ для золы = 0,05 мг/м³; температура газовойдушной смеси $T_1=+125$ °С, температура самого жаркого месяца (июль) $T_1=+25$ °С. Определить величину максимального загрязнения C_m золой приземного слоя атмосферы, расстояние X_m от источника выброса, опасную скорость ветра U_m . Рассчитать норматив предельно-допустимого выброса (ПДВ).

Лабораторная работа № 4

ОПРЕДЕЛЕНИЕ НОРМАТИВОВ ДОПУСТИМЫХ СБРОСОВ СТОЧНЫХ ВОД В ВОДОТОКИ И ВОДОЕМЫ

Цель работы: освоить методику расчета определения нормативов допустимых сбросов сточных вод.

Краткие теоретические сведения

Состав и свойства воды, используемой для питьевых и хозяйственно-бытовых целей, должны соответствовать нормативам ПДК ЗВ и микроорганизмов, которые определяются в пробах, взятых из створа, расположенного на расстоянии не менее 1 км выше ближайшего по течению пункта водопользования. Для водоемов рыбохозяйственного назначения контрольный створ устанавливается на расстоянии 0,5 км от выпуска сточных вод. В непроточных водоемах контрольная зона должна соответствовать нормативам в радиусе 1 км от пункта водопользования.

По аналогии с СЗЗ для водоемов существуют водоохранные зоны, которые согласно Водному кодексу РФ (Федеральный закон от 3 июня 2006г. №74-ФЗ; ред. от 21.10.2013 г. №282-ФЗ), представляет собой территорию, примыкающую к акватории, на которой устанавливается специальный режим использования и охраны водоема. В пределах водоохранных зон устанавливаются прибрежные защитные полосы, где запрещается распахивать землю, рубить лес, размещать строения, кроме объектов водоснабжения, рекреаций и других разрешенных объектов. Минимальная ширина водоохранных зон для рек составляет в зависимости от длины от истока до 10 км - 15 м; от 10 до 50 км - 100 м; от 50 до 100 км - 200 м; от 100 до 200 км - 300 м; от 200 до 300 - 400 м; меньше 200 км - 500 м. Для озер и водохранилищ площадью до 2 км² - 300 м; больше 2 км² - 500 м.

Условия отведения возвратных (сточных) вод, т.е. использованных в хозяйственно-бытовой и производственной деятельности, в водоемы определяются с учетом степени смешения стоков с водой водного объекта в контрольном створе (разбавлении), фонового состава и свойств воды водных объектов в местах выпуска сточных вод.

На основании расчетов для каждого выпуска возвратных вод устанавливается *нормативы допустимых сбросов* (НДС) веществ в водные объекты (Приказ Министерства природных ресурсов РФ от 17 декабря 2007 г. №333 «Об утверждении методики разработки нормативов допустимых сбросов веществ и микроорганизмов в водные объекты для водопользователей»). Эти показатели введены вместо ранее использовавшихся показателей предельно допустимых сбросов (ПДС).

НДС представляют собой массу химических веществ и микроорганизмов, максимально допустимых для поступления в окружающую среду (ОС) от стационарных, передвижных и иных источников загрязнения в установленном режиме с учетом технологических нормативов, при соблюдении которых обеспечиваются нормативы качества ОС. НДС устанавливается с учетом ПДК веществ в местах водопользования, ассимилирующей способности водного объекта и оптимального распределения массы сбрасываемых веществ между водопользователями, сбрасывающими сточные воды. НДС рассчитывается по каждому веществу, с учетом фоновой концентрации и категории водопользования.

Ассимилирующая способность водного объекта - это способность его принимать определенную массу вещества в единицу времени без нарушения норм качества воды в контрольном створе или пункте использования.

Рекомендации к выполнению работы

Величины НДС (г/ч) определяются для всех категорий водопользователей как произведение максимального часового расхода сточных вод $Q_{ст.в}$ (м³/ч) на допустимую среднегодовую концентрацию ЗВ $C_{НДС_{ст.в}}$ (г/м³):

$$НДС = Q_{ст.в} C_{НДС_{ст.в}} \quad (4.1)$$

При расчете условий сброса без учета не консервативности ЗВ сначала определяется величина допустимой среднегодовой концентрации ($C_{НДС_{ст.в}}$), обеспечивающая нормативное качество воды в контрольном створе, она учитывает ПДК и фоновые концентрации ЗВ:

$$C_{НДС_{ст.в}} = n \cdot (C_{ПДК} - C_{ф}) + C_{ф}, \quad (4.2)$$

где $C_{ПДК}$ - предельно допустимая концентрация ЗВ в водах водотока, г/м³;

$C_{ф}$ - фоновая концентрация ЗВ в воде водотока (г/м³) выше выпуска сточных вод (величина, определяемая в соответствии с действующими документами по проведению расчетов фоновых концентрация химических веществ в воде водотоков);

n - кратность общего разбавления сточных вод в водотоке, равная произведению кратности начального разбавления (n_n) на кратность основного разбавления (n_o) (основное разбавление, возникающее при перемещении воды от места выпуска к расчетному створу):

$$n = n_n \cdot n_o. \quad (4.3)$$

Кратность начального разбавления (n_n) учитывается в отдельных случаях. При абсолютных скоростях истечения струи из выпуска сточных вод меньше 2 м/с кратность начального разбавления, как правило, не учитывается. Пересчет массы вещества, сбрасываемого в час, на массу вещества, сбрасываемого в месяц, производится умножением допустимых концентраций вещества на объем сточных вод за соответствующий период.

При сбросе и разбавлении сточных вод необходимо, чтобы НДС и $C_{\text{НДС ст.в.}}$ обеспечивали концентрацию ЗВ в контрольном створе меньшую или равных их ПДК. С учетом не консервативности ЗВ величина допустимой среднегодовой концентрации рассчитывается по формуле

$$C_{\text{НДС ст.в.}} = n \cdot (C_{\text{ПДК}} e^{kt} - C_{\text{ф}}) + C_{\text{ф}}, \quad (4.4)$$

где k – коэффициент не консервативности органического вещества, показывающий скорость потребления кислорода, зависящий от характера органического вещества, сут^{-1} ;

t – время добега от места выпуска сточных вод до расчетного створа, сут .

Значения коэффициентов не консервативности принимают по данным натуральных наблюдений или по справочным и пересчитываются в зависимости от температуры и скорости течения воды реки.

При установлении НДС по БПК расчетная формула принимает следующий вид:

$$C_{\text{НДС ст.в.}} = n \cdot [(C_{\text{ПДК}} - C_{\text{см}}) e^{k_0 t} - C_{\text{ф}}] + C_{\text{ф}}, \quad (4.5)$$

где k_0 – осредненное значение коэффициента не консервативности органических веществ, обуславливающих $\text{БПК}_{\text{полн}}$ фона и сточных вод, сут^{-1} ;

$C_{\text{см}}$ – $\text{БПК}_{\text{полн}}$, обусловленная метаболитами и органическими веществами, смываемыми в водоток атмосферными осадками с площади водосбора на последнем участке пути перед контрольным створом длиной 0,5 суточного пробега.

Значение $C_{\text{см}}$ принимается равным для горных рек – 0,6 – 0,8 г/м^3 ; для равнинных рек, протекающих по территории, почва которой не слишком богата органическими веществами, – 1,7 – 2 г/м^3 ; для рек болотного питания или протекающих по территории, с которой смывается повышенное количество органических веществ, – 2,3 – 2,5 г/м^3 . Если расстояние от выпуска сточных вод до контрольного створа меньше 0,5 суточного пробега, $C_{\text{см}}$ принимается равным нулю.

Проект НДС разрабатывается и утверждается для действующих и проектируемых организаций – водопользователей. Разработка этих показателей может осуществляться как водопользователем, так и по его поручению проектной или научно – исследовательской организацией. НДС разрабатывается на пять лет. В случае изменения показателей водного объекта (более чем на 20%) или изменения технологии производства, возможно уточнение величин НДС. Сброс веществ, не указанных в проекте НДС, водопользователю запрещен.

Пример 1. Условие задачи. Определить величины допустимого сброса (НДС) водостока в час, если сток содержит хлориды. Максимальный часовой расход сточных вод ($Q_{\text{ст.в.}}$) 3 $\text{м}^3/\text{с}$. Кратность общего разбавления (n) составляет 4. Фоновое (до сброса) содержание хлоридов в воде водотока 68 мг/л , ПДК хлоридов – 350 мг/л .

Решение

НДС рассчитываем по формуле (4.1):

$$\text{НДС (г/час)} = Q_{\text{ст.в.}} \cdot C_{\text{НДС ст.в.}}$$

Для расчета допустимой среднегодовой концентрации ЗВ ($C_{\text{НДС ст.в.}}$) используем формулу (4.2):

$$C_{\text{НДС ст.в.}} = 4 \cdot (350 - 68) + 68 = 1196 \text{ мг/л.}$$

Тогда величину НДС определяем по формуле (4.1):

$$\text{НДС} = 3 \cdot 360 \cdot 1196 \cdot 10^3 = 1\,291\,680 \cdot 10^3 \text{ мг/ч} = 1\,291\,680 \text{ г/ч,}$$

Где 360 – пересчет на расход сточных вод в час;

10^3 – перевод м^3 в л ($1 \text{ м}^3 = 1000 \text{ л}$).

Ответ: нормативно допустимый сброс водостока, определенный по содержанию хлоридов, равен 1 291 680 г/ч.

Задание 1. Использую данные табл. 4.1, прил. В, Г, пример 4.1, рассчитать НДС сточных вод, разрешенных к сбросам в водотоки. Вариант задания выбрать самостоятельно.

Таблица 4.1 - Варианты условий

Максимальный часовой расход сточных вод (Q) $\text{м}^3/\text{с}$	Фоновое содержание загрязняющих веществ в стоках, мг/л									Кратность общего разбавления (n)
	БПК ₅ , мг $\text{O}_2/\text{л}$	Аммонийный солевой	Нитриты	Нитраты	Фенолы	ПАВ, нефть	Хлориды	Сульфаты	Фосфаты	
6	0,20	0,40	0,05	10	0,0008	0,03	68	50	0,10	0,5
15	0,11	0,31	0,06	8	0,0010	0,01	51	25	0,15	0,9
10	0,14	0,09	0,01	20	0,0002	0,02	48	18	0,08	1,8
50	0,16	0,05	0,02	15	0,0004	0,01	20	34	0,05	1,1
25	0,29	0,50	0,03	10	0,0011	0,05	45	80	0,02	1,4
40	0,12	0,41	0,08	13	0,0009	0,06	90	10	0,12	1,7
38	0,19	0,22	0,07	18	0,0006	0,01	10	84	0,31	1,6
70	0,22	0,18	0,10	21	0,0004	0,04	25	62	0,09	0,5
68	0,15	0,30	0,09	27	0,0009	0,07	66	33	0,06	0,9

Контрольные вопросы

1. С какой целью устанавливаются водоохранные зоны для водоемов?
2. Как регулируются размеры водоохранных зон?
3. На основании каких расчетов устанавливается НДС?

Лабораторная работа № 5

РАСЧЁТ ПЛАТЕЖЕЙ ЗА НОРМАТИВНЫЙ И СВЕРХНОРМАТИВНЫЙ ВЫБРОС ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

Цель работы: освоить методику расчёта платежей за нормативный и сверхнормативный выброс загрязняющих веществ.

Рекомендации для выполнения работы

Плата за негативное воздействие на окружающую среду выбросами от энергетических установок подразделяется на:

- плату за допустимые выбросы;
- плату за выбросы, превышающие допустимые;

Плата за выбросы загрязняющих веществ в размерах, не превышающих установленные природопользователю предельно допустимые нормативы выбросов (ПДВ), исчисляется по формуле

$$П_{Н}^{атм.} = \sum_{i=1}^n C_{Нi}^{атм.} \cdot M_i^{атм.} \quad 0 < M_i^{атм.} \leq M_{Нi}^{атм.}, \quad (5.1)$$

где $M_i^{атм.}$ - фактический выброс i -го загрязняющего вещества, т;

$M_{Нi}^{атм.}$ - предельно допустимый выброс (ПДВ) i -го загрязняющего вещества, т;

$C_{Нi}^{атм.}$ - ставка платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах ПДВ, руб., соответствующая – $N_{БНi}^{атм.}$ (табл. 5.1), базовому нормативу платы за выброс 1 тонны i -го загрязняющего вещества в размерах, не превышающих ПДВ

Плата за выбросы загрязняющих веществ в пределах установленных лимитов (ВСВ):

$$П_{Л}^{атм.} = \sum_{i=1}^n C_{Лi}^{атм.} \cdot (M_i^{атм.} - M_{Нi}^{атм.}) \quad \text{при } M_{Нi}^{атм.} < M_i^{атм.} \leq M_{Лi}^{атм.}, \quad (5.2)$$

где $M_i^{атм.}$ - фактический выброс i -го загрязняющего вещества, т;

$M_{Нi}^{атм.}$ - предельно допустимый выброс (ПДВ) i -го загрязняющего вещества, т;

$M_{Лi}^{атм.}$ - выброс загрязняющих веществ в пределах установленного лимита, т;

$C_{Лi}^{атм.}$ - ставка платы за выбросы 1 тонны i -го загрязняющего вещества в пределах установленных лимитов, в рублях, причем

$$C_{\text{Л}i}^{\text{атм.}} = 5 \cdot H_{\text{БН}i}^{\text{атм.}}.$$

Плата за сверхлимитный выброс загрязняющих веществ в атмосферу:

$$П_{\text{СЛ}}^{\text{атм.}} = \sum_{i=1}^n C_{\text{СЛ}i}^{\text{атм.}} \cdot (M_i^{\text{атм.}} - M_{\text{Л}i}^{\text{атм.}}) \text{ при } M_i^{\text{атм.}} > M_{\text{Л}i}^{\text{атм.}}, \quad (5.3)$$

где $C_{\text{СЛ}i}^{\text{атм.}}$ - ставка платы за выбросы 1 тонны i -того загрязняющего вещества сверх установленных лимитов, в рублях, при соотношении $C_{\text{СЛ}i}^{\text{атм.}} = 5 \cdot 5 \cdot H_{\text{БН}i}^{\text{атм.}}$.

Плата за загрязнение атмосферного воздуха отдельно взятым веществом может быть представлена в следующем виде:

$$П^{\text{атм.}} = (C_H^{\text{атм.}} \cdot M_H^{\text{атм.}} + C_L^{\text{атм.}} \cdot (M_L^{\text{атм.}} - M_H^{\text{атм.}})) \cdot K_{\text{Э}}^{\text{атм.}} \cdot K_{\text{И}} \quad (5.4)$$

Общая плата за загрязнение атмосферного воздуха определяется по формуле:

$$П_{\text{общ.}}^{\text{атм.}} = (П_H^{\text{атм.}} + П_L^{\text{атм.}} + П_{\text{СЛ}}^{\text{атм.}}) \cdot K_{\text{Э}}^{\text{атм.}} \cdot K_{\text{И}}, \quad (5.5)$$

где $K_{\text{Э}}^{\text{атм.}}$ - коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы в рассматриваемом регионе (табл. П 3);

$K_{\text{И}}$ - коэффициент индексации платы (коэффициент индексации платы в 2010 году составляет 1,79 к уровню 2003 г. и 1,46 к уровню 2005 г., для диоксида серы установлен понижающий коэффициент – 1,21).

Помимо основных коэффициентов при учете платежей вводится дополнительный коэффициент 1,2 при выбросе загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов и дополнительный коэффициент 2 для особо охраняемых природных территорий, в том числе лечебно-оздоровительных местностей и курортов, а также для районов Крайнего Севера и приравненных к ним местностей, Байкальской природной территории и зон экологического бедствия (приложение 2 к Постановлению от 12 июня 2003 г. № 344).

Таблица 5.1 - Нормативы платы за выбросы загрязняющих веществ в атмосферу (2003, 2005 гг.)

Наименование загрязняющих веществ	Норматив платы за выброс 1 тонны вещества, руб.	
	в пределах ПДВ, НБН ₁	в пределах установленных лимитов, НБЛ ₁
Аммиак NH ₃	52	260
Бенз(а)пирен	2049801	10249005
Бензин (нефтяной, малосернистый в пересчете на углерод)	1,2	6,0
Бензол	21	105
Диоксид азота NO ₂	52	260

Диоксид серы* SO ₂	21	105
Летучая зола*		
-углей Подмосковского, Кузнецкого и Экибастузского бассейнов	7	35
-прочих углей	103	515
Мазутная зола в пересчете на ванадий M _V ≈ 0,5·M _{ЛЗ} *	1025	5125
Оксид углерода (CO)	0,6	3
Сажа без примесей	41	205
Сероводород (H ₂ S)	257	1285
Фенол	683	3415
Фтороводород (HF)	410	2050

* -норматив 2005 г.

Пример 1. Выбросы Новочеркасской ГРЭС (НчГРЭС) по оксиду серы SO₂ в среднем составляют 70 000 т/год. Определите плату за выброс из предположения, что выбросы не превышают размеров ПДВ.

Решение. Учитывая, что коэффициент экологической ситуации и экологической значимости для Северо-Кавказского экономического региона составляет 1,6 (из табл. П. 3), а коэффициент индексации платы для диоксида серы равен 1,21, производим вычисления :

$$\Pi = 70\,000 \text{ т} \cdot 21 \text{ руб./т} \cdot 1,21 \cdot 1,6 = 2845920 \text{ руб.}$$

Для справки: на НчГРЭС валовый выброс загрязняющих веществ (предприятие I класса опасности) в 2009 г. составил 98,257 тыс. т/год (93,8% от всех выбросов от стационарных источников города)

НчГРЭС - третья по мощности и вторая по объему выбросов загрязняющих веществ; 1% всех выбросов в РФ и более 50% - в Ростовской области. На Новочеркасск приходится 99%.

Пример 2. Выбросы предприятия оборонного промышленного комплекса (ОПК), расположенного в Московской области, фактически составили: по диоксиду серы - 15 т/год; по диоксиду азота - 8 т/год; по летучей золе - 36 т/год; по бенз(а)пирену - 1,5 кг/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 10 т/год; по диоксиду азота - 5 т/год; по летучей золе - 45 т/год; по бенз(а)пирену - 1 кг/год. Превышение предельно допустимых величин является временно согласованным нормативом для указанного предприятия. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

Решение. Воспользуемся формулой 5.4:

$$\Pi^{атм.} = (C_H^{атм.} \cdot M_H^{атм.} + C_{Л}^{атм.} \cdot (M_{Л}^{атм.} - M_H^{атм.})) \cdot K_{Э}^{атм.} \cdot K_{П}$$

$$\Pi (SO_2) = (21 \cdot 10 + 5 \cdot 105) \cdot 1,9 \cdot 1,21 = 1689,77 \text{ руб.}$$

$$\Pi (NO_2) = (52 \cdot 5 + 3 \cdot 260) \cdot 1,9 \cdot 1,79 = 3537,04 \text{ руб.}$$

$$\Pi (Л.З.) = 36 \cdot 103 \cdot 1,9 \cdot 1,46 = 10285,99 \text{ руб.}$$

$$\Pi б(а)п = (2049801 \cdot 0,001 + 10249005 \cdot 0,005) \cdot 1,9 \cdot 1,46 = 147839,85 \text{ руб.}$$

$$\Pi \text{ общ.} = 1689,77 + 3537,04 + 10285,99 + 147839,85 = 163352,65 \text{ руб.}$$

Задачи для самостоятельного решения

1. Максимальная приземная концентрация SO_2 зафиксирована на расстоянии 570 м от источника выбросов по ветровой оси. На каком расстоянии следует ожидать максимальную приземную концентрацию летучей золы, выбрасываемой тем же источником?

2. Максимальная приземная концентрация летучей золы зафиксирована на расстоянии 270 м от источника выбросов по ветровой оси. На каком расстоянии следует ожидать максимальную приземную концентрацию NO_2 , выбрасываемого тем же источником?

3. Как будут отличаться максимальные приземные концентрации диоксида серы и летучей золы, которые поступают в атмосферу из одного источника загрязнения, учитывая, что масса летучей золы в 3 раза превышает массу диоксида серы?

4. Из дымовой трубы выбрасываются в единицу времени равные количества SO_2 и летучей золы. Как будут отличаться максимальные приземные концентрации (C_M) для этих веществ: 1) будут одинаковыми; 2) для SO_2 будет в 2 раза больше; 3) для SO_2 будет в 2 раза меньше; 4) для SO_2 будет в 3 раза больше; 5) для SO_2 будет в 3 раза меньше?

5. Максимальная приземная концентрация, равная $0,54 \text{ мг/м}^3$, зафиксирована на расстоянии 510 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 300 м?

6. Максимальная приземная концентрация, равная $0,63 \text{ мг/м}^3$, зафиксирована на расстоянии 660 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 450 м?

7. Максимальная приземная концентрация, равная $0,34 \text{ мг/м}^3$, зафиксирована на расстоянии 400 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация на удалении 500 м?

8. Как будут отличаться максимальные концентрации загрязняющих веществ от идентичных источников выбросов, расположенных в Калужской и Читинской областях?

9. Из дымовой трубы выбрасываются в единицу времени равные количества NO_2 и SO_2 . Как будут отличаться максимальные приземные концентрации (C_M) для этих веществ?

10. Максимальная приземная концентрация NO_2 , равная $0,74 \text{ мг/м}^3$, зафиксирована на расстоянии 300 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация NO_2 в точке, расположенной на линии, перпендикулярной ветровой оси с координатами $x = 200 \text{ м}$, $y = 30 \text{ м}$? Опасная скорость ветра составляет $3,5 \text{ м/с}$.

11. Максимальная приземная концентрация SO_2 , равная $0,61 \text{ мг/м}^3$, зафиксирована на расстоянии 460 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация SO_2 в точке, расположенной на линии, перпендикулярной ветровой оси с координатами $x = 600 \text{ м}$, $y = 25 \text{ м}$? Скорость ветра – $3,2 \text{ м/с}$.

12. Максимальная приземная концентрация NO_2 , равная $0,59 \text{ мг/м}^3$, зафиксирована на расстоянии 500 м от источника выброса по ветровой оси. Какой будет приземная концентрация NO_2 в точке, расположенной на линии, перпендикулярной ветровой оси с координатами $x = 350 \text{ м}$, $y = 40 \text{ м}$? Скорость ветра – $4,2 \text{ м/с}$.

13. Содержание SO_2 и NO_2 в атмосферном воздухе составляет соответственно $0,26 \text{ мг/м}^3$ и $0,08 \text{ мг/м}^3$. Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

14. Содержание NO_2 и летучей золы в атмосферном воздухе составляет соответственно $0,22 \text{ мг/м}^3$ и $0,18 \text{ мг/м}^3$. Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

15. Содержание SO_2 и летучей золы в атмосферном воздухе составляет соответственно $0,45 \text{ мг/м}^3$ и $0,31 \text{ мг/м}^3$. Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

16. Содержание фенола и SO_2 в атмосферном воздухе составляет соответственно $0,0047 \text{ мг/м}^3$ и $0,25 \text{ мг/м}^3$? Время воздействия 20 минут. Допустимо ли такое содержание примесей с точки зрения санитарно-гигиенических требований?

17. Какие вещества, выходя из устья дымовой трубы, быстрее достигают поверхности земли: 1) диоксид серы; 2) монооксид углерода; 3) диоксид азота; 4) летучая зола; 5) угольная пыль?

18. При каком коэффициенте избытка воздуха достигается наиболее полное сгорание топлива: 1) 0,2; 2) 0,5; 3) 0,9; 4) 1,0; 5) 1,3?

19. Чему будет равно $C_{\text{м}}^{\text{ПДВ}}$, если $C_{\text{ф}} = \text{ПДК}_{\text{м.р.}}$?

20. Определить ПДВ для диоксида серы и диоксида азота, которые планируется выбрасывать без очистки через трубу высотой 50 м с диаметром устья 2 м. Объем отходящих газов, приведенный к их температуре составляет $45 \text{ м}^3/\text{с}$. Температура отходящих газов 110°C , их скорость на выходе из устья трубы составляет 15 м/с . Массовые доли загрязняющих веществ соответственно 70 и 30 %. Предприятие расположено в г. Воронеже на ровной слабопересеченной местности. Фоновая концентрация диоксида серы соответствует $0,6\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$, а диоксида азота – $\text{ПДК}_{\text{с.с.}}$.

21. В какое время года наблюдается наибольшая приземная концентрация загрязняющего вещества от одиночного источника выбросов при всех прочих равных условиях: 1) в середине зимы; 2) весной; 3) в середине лета; 4) осенью; 5) от сезона не зависит?

22. Выбросы предприятия фактически составили: по диоксиду серы - 35 т/год; по диоксиду азота - 38 т/год; по летучей золе - 106 т/год; по аммиаку - 0,8 кг/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 15 т/год; по диоксиду азота - 25 т/год; по летучей золе - 59 т/год; по аммиаку – 0,1 кг/год. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

23. Выбросы предприятия фактически составили: по диоксиду серы - 23 т/год; по диоксиду азота - 7 т/год; по летучей золе - 69 т/год; по оксиду углерода - 89 т/год. Предприятию установлены ПДВ по диоксиду серы – 8 т/год; по диоксиду азота - 4 т/год; по летучей золе - 45 т/год; по оксиду углерода - 18 т/год. Определить платежи по каждому загрязнителю отдельно и общую плату за негативное воздействие на ОПС.

Таблица 5.2 - Коэффициенты экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха и почвы по территориям экономических районов РФ

Экономические районы РФ	Коэффициент экологической ситуации и экологической значимости атмосферы	
	атмосферный воздух *	почвы **
Северный	1,4	1,4
Северо-Западный	1,5	1,3
Центральный	1,9	1,6
Волго-Вятский	1,1	1,5
Центрально-Черноземный	1,5	2,0
Поволжский	1,9	1,9
Северо-Кавказский	1,6	1,9
Уральский	2,0	1,7
Западно-Сибирский	1,2	1,2
Восточно-Сибирский	1,4	1,1
Дальневосточный	1,0	1,1
Калининградская область	1,5	1,3

* Применяется с дополнительным коэффициентом 1,2 при выбросах загрязняющих веществ в атмосферный воздух городов.

** Применяется при взимании платы за размещение отходов.

Лабораторная работа № 6

КОНТРОЛЬ КАЧЕСТВА МОЛОЧНЫХ ПРОДУКТОВ. ТИТРИМЕТРИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ОПРЕДЕЛЕНИЯ КИСЛОТНОСТИ

Цель работы: освоить титриметрический метод определения кислотности.

Краткие теоретические сведения

Потенциометрический метод.

Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроокиси натрия до заранее заданного значения $pH=8,9$ с помощью блока автоматического титрования и индикации точки эквивалентности при помощи потенциометрического анализатора.

Аппаратура, материалы и реактивы

- Анализатор потенциометрический с диапазоном измерения 4-10 ед. pH с ценой деления шкалы 0,05 ед. pH .
- Блок автоматического титрования, аппаратурно совместимый с потенциометрическим титратором и имеющий дозатор раствора (бюретку) вместимостью не менее 5 см^3 с ценой деления не более $0,05\text{ см}^3$.
- Весы лабораторные четвертого класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200г по ГОСТ 24104.
- Стаканы В-1-50 ТС, В-2-50 ТС, В-1-100 ТС, В-2-100 ТС по ГОСТ 25336.
- Колбы 1-1000-2, 2-1000-2 по ГОСТ 1770.
- Пипетки 2-2-10, 2-2-20 по ГОСТ 29169.
- Цилиндры 1-50-1, 1-50-2, 3-50-1, 3-50-2 по ГОСТ 1770.
- Ступка фарфоровая с пестиком по ГОСТ 9147.
- Натрия гидроокись, стандарт-титр по ТУ 6-09-2540, раствор с молярной концентрацией 0.1 моль/дм³.
- Вода дистиллированная по ГОСТ 6709.

Допускается применение других средств измерения с метрологическими характеристиками и оборудования с техническими характеристиками не хуже, а так же реактивов по качеству не ниже вышеуказанных.

Подготовка приборов

Подключают блок автоматического титрования к анализатору согласно инструкции, прилагаемой к блоку. Затем подключают блок и анализатор к сети и прогревают их в течение 10 мин.

Заполняют дозатор блока автоматического титрования раствором гидроокиси натрия.

Согласно инструкции, прилагаемой к потенциометрическому анализатору, настраивают его на такой диапазон измерения рН, который включил бы в себя рН 8,9.

Согласно инструкции, прилагаемой к блоку автоматического титрования, настраивают его на точку эквивалентности, равную 8,9 ед. рН. И устанавливают на блоке значение рН 4,0, начиная с которого подача гидроокиси натрия должна вестись по каплям.

Устанавливают время выдержки после окончательного титрования, равное 30 с.

Подготовка проб

1. Молоко, молоко с накопителями (шоколадное, кофейное), сливки, простокваша, ацидофильное молоко, кефир, кумыс и другие кисломолочные продукты.

В стакан вместимостью 50 см³ отмеривают 20 см³ дистиллированной воды и 10 см³ анализируемого продукта. Смесь тщательно перемешивают.

При анализе сливок и кисломолочных продуктов, переносят остатки продуктов из пипетки в стакан путем промывания пипетки полученной смесью 2-3 раза. Проводят измерения.

2. Мороженое, сметана.

В стакане взвешивают 5 г продукта. Тщательно перемешивают и растирают продукт стеклянной палочкой, постепенно добавляют к нему 30 см³ воды и перемешивают. Проводят измерения.

3. Творог и творожные продукты.

В фарфоровую ступку вносят 5 г продукта. Тщательно перемешивают и растирают продукт пестиком. Затем количественно переносят продукт в стакан вместимостью 100 см³, смывая его небольшими порциями воды, нагретой до 35-40 °С. Общий объем воды равен 50 см³. Затем смесь перемешивают и приступают к измерениям.

Проведение измерений

В стакан помещают стержень магнитной мешалки и устанавливают стакан на магнитную мешалку. Включают двигатель мешалки и погружают электроды потенциометрического анализатора и сливную трубку дозатора автоматического титрования в стакан с продуктом. Включают кнопку «Пуск» блока автоматического титрования, а спустя 2-3 с, кнопку «Выдержка». Раствор гидроокиси натрия при этом начинает поступать из дозатора блока в стакан с продуктом, нейтрализуя последний. По достижении точки эквивалентности (рН = 8,9) и истечении срока выдержки (30 с) процесс нейтрализации автоматически прекращается, а на панели блока автоматического титрования зажигается сигнал «Конец». После этого отклю-

чают все кнопки. Проводят отчет количества гидроокиси натрия, затраченного на нейтрализацию.

Обработка результатов

Кислотность в градусах Тернера находят умножением объема, см³, раствора гидроокиси натрия, затраченного на нейтрализацию определенного объема продукта, на следующие коэффициенты:

10 – для молока, молока с наполнителями, сливок, простокваши, ацидофильного молока, кефира, кумыса и других кисломолочных продуктов;

20 – для мороженого, сметаны, творога и творожных изделий.

Предел допускаемой погрешности результата измерений при принятой доверительной вероятности $P=0,95$ составляет, °Т:

± 0,8 – для молока, молока с наполнителями, сливок, мороженого;

± 1,2 – для простокваши, ацидофильного молока, кумыса, кефира и других кисломолочных продуктов;

± 2,3 – для сметаны;

± 3,2 – для творога и творожных изделий.

Расхождение между двумя параллельными измерениями не должно превышать, °Т:

0,8 – для молока, молока с наполнителями, сливок, мороженого;

1,2 – для простокваши, ацидофильного молока, кефира, кумыса и других кисломолочных продуктов;

2,3 – для сметаны;

3,2 – для творога и творожных изделий.

При большом расхождении готовят все реактивы заново и повторяют испытания.

Метод с применением индикатора фенолфталеина.

Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, раствором гидроокиси натрия в присутствии индикатора фенолфталеина.

Аппаратура, материалы и реактивы

- Весы лабораторные четвертого класса точности с наибольшим пределом взвешивания 200г по ГОСТ 24104.
- Центрифуга по ТУ 27-32-26-77.
- Шкаф сушильный с терморегулятором, позволяющим поддерживать температуру (50 ± 5) °С.
- Баня водяная.
- Термометр ртутный стеклянный с диапазоном измерения 0-100 °С и ценой деления 0,1 °С по ГОСТ 28498.
- Колбы 1-100-2, 2-100-2, 2-1000-2 по ГОСТ 1770.

- Колбы П-2-50-34 ТС, П-2-100-34 ТС, П-2-250-34 ТС, П-2-250-50 по ГОСТ 25336.
- Стаканы В-1-100 ТС, В-1-250 ТС по ГОСТ 25336.
- Воронки В-36-80 ХС по ГОСТ 1770.
- Жиромеры стеклянные 1-40; 2-0,5 по ГОСТ 23094 или ТУ 25-2024.019.
- Пипетки 1-2-1, 2-2-1, 4-2-1, 2-2-5, 2-2-10, 2-2-20 по ГОСТ 29169.
- Цилиндр 1-1-100 по ГОСТ 9147.
- Палочки стеклянные.
- Штатив лабораторный.
- Пробки для жиросмеров.
- Бумага фильтровальная по ГОСТ 12026.
- Натрия гидроокись стандарт-титр по ТУ 6-09-2540 раствор молярной концентрации 0,1 моль/дм³.
- Фенолфталеин по ТУ 6-09-5360, 70%-ный спиртовой раствор массовой концентрации фенолфталеина 10 г/дм³.
- Кобальт сернокислый, раствор массовой концентрации сернокислого кобальта 25 г/дм³ по ГОСТ 18300.

Допускается применение других средств измерения с метрологическими характеристиками и оборудования с техническими характеристиками не хуже, а так же реактивов по качеству не ниже вышеуказанных.

Подготовка к анализу

1. Приготовление контрольных эталонов окраски для молока и сливок.

В колбу вместимостью 100 или 250 см³ отмеривают молоко или сливки и дистиллированную воду в объемах, указанных в табл. 1, и 1 см³ раствора сернокислого кобальта. Смесь тщательно перемешивают.

Срок хранения эталона не более 8 ч при комнатной температуре.

2. Приготовление контрольных эталонов окраски для смеси этилового спирта и диэтилового эфира.

К 10 см³ спирта добавляют 10 см³ диэтилового эфира и 1 см³ раствора сернокислого кобальта. Смесь тщательно перемешивают.

3. Приготовление контрольных эталонов окраски для сливочного масла, его жировой фазы.

К 5 г масла, расплавленного, как указано в пункте 6, добавляют 20 см³ нейтрализованной смеси спирта и эфира и 1 см³ раствора сернокислого кобальта. Смесь перемешивают.

4. Приготовление контрольных эталонов окраски для плазмы сливочного масла.

К 10 см³ плазмы, приготовленной, как указано в пункте 7, добавляют 20 см³ воды. Полученной смесью 3-4 раза промывают пипетку и добавляют 1 см³ сернокислого кобальта. Смесь перемешивают.

5. Приготовление смеси этилового спирта и диэтилового эфира.

Смесь этилового спирта и диэтилового эфира готовят непосредственно перед измерением кислотности сливочного масла или его жировой фазы следующим образом.

В колбу вместимостью 50 см³ приливают по 10 см³ спирта и эфира, 3 капли фенолфталеина и нейтрализуют смесь раствором щелочи до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течении 1 мин и соответствующего контрольному эталону окраски по пункту 2.

6. Приготовление жировой фазы сливочного масла.

В сухой чистый стакан вместимостью 250 см³ отвешивают около 150 г исследуемого масла. Стакан помещают на водяную баню или сушильный шкаф при температуре (50±5) °С и выдерживают до полного расплавления и разделения масла на жир и плазму. Стакан вынимают из водяной бани (сушильного шкафа) и осторожно сливают верхний слой жира, фильтруя его через бумажный фильтр в колбу вместимостью 250 см³.

7. Приготовление плазмы сливочного масла.

Оставшуюся в стакане плазму переносят в жиросмер 2-0,5. Жиросмер плотно закрывают пробкой, помещают в центрифугу и центрифугируют 5 мин с частотой вращения 1000 мин⁻¹. Затем жиросмер помещают в стакан с холодной водой градуированной частью вверх и выдерживают до застывания молочного жира, отделившегося от плазмы в процессе центрифугирования. Свободную от жира плазму осторожно выливают в сухой чистый стакан, вместимостью 100 см³ и тщательно перемешивают стеклянной палочкой.

Проведение анализа

1. Молоко, молоко с накопителями (шоколадное, кофейное), сливки, простокваша, ацидофильное молоко, кефир, кумыс и другие кисломолочные продукты.

В колбу вместимостью 100 - 250 см³ отмеривают дистиллированную воду и анализируемый продукт в объемах, указанных в табл. 6.1, и три капли фенолфталеина. При анализе сливок и кисломолочных продуктов переносят остатки продукта из пипетки в колбу путем промывания пипетки полученной смесью 3-4 раза.

Таблица 6.1

Наименование продукта	Объем продукта, см ³	Объем дистиллированной воды, см ³
Молоко	10	20
Молоко с наполнителем (шоколадное, кофейное)	10	40
Сливки	10	20
Простокваша, ацидофильное молоко, кефир, кумыс и другие кисломолочные продукты	10	20

Смесь тщательно перемешивают и титруют раствором гидроокиси натрия до появления слабо-розового окрашивания, для молока и сливок, соответствующего контрольному эталону окраски по пункту 1, не исчезающего в течении 1 мин.

Для молока с наполнителями для более точного установления конца титрования рядом с титруемой пробой ставят контрольную колбу с 10 см³ той же пробы молока и 40 см³ дистиллированной воды.

2. Мороженое, сметана.

В неокрашенном мороженом и сметане кислотность определяют следующим образом: в колбе вместимостью 100 или 250 см³ отвешивают 5 г продукта, добавляют 30 см³ воды и три капли фенолфталеина. Смесь тщательно перемешивают и титруют раствором гидроокиси натрия до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Кислотность окрашенного мороженого определяют следующим образом: отвешивают в колбе вместимостью 250 см³ 5 г мороженого, добавляют 80 см³ воды и три капли фенолфталеина. Смесь тщательно перемешивают и титруют раствором щелочи до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

Для определения конца титрования окрашенного мороженого колбу с титруемой смесью помещают на белый лист бумаги и рядом помещают колбу со смесью: 5 г данного образца мороженого и 80 см³ воды.

3. Творог и творожные изделия.

В фарфоровую ступку вносят 5 г продукта. Тщательно перемешивают и растирают продукт пестиком. Затем прибавляют небольшими порциями 50 см³ воды, нагретой до температуры 35-40 °С и три капли фенолфталеина. Смесь перемешивают и титруют раствором щелочи до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин.

4. Масло сливочное, его жировая фаза.

4.1. Определение кислотности сливочного масла

В колбе вместимостью 50 и 100 см³ отвешивают 5 г сливочного масла, нагревают колбу в водяной бане или сушильном шкафу при температуре (50±5) °С до расплавления масла, вносят 20 см³ нейтрализованной смеси спирта с эфиром, три капли фенолфталеина и титруют раствором щелочи при постоянном перемешивании до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин и соответствующего контрольному эталону окраски.

4.2. Определение кислотности жировой фазы сливочного масла.

В колбе вместимостью 50 или 100 см³ взвешивают 5 г подготовленного жира, затем проводят анализ, как указано в пункте 4.1.

4.3. Определение кислотности плазмы сливочного масла.

В плоскодонную колбу вместимостью 100 см³ приливают 10 см³ подготовленной плазмы, 20 см³ дистиллированной воды. Полученной смесью 3-4 раза промывают пипетку, затем прибавляют 3 капли фенолфталеина и

титруют при постоянном перемешивании раствором щелочи до появления слабо-розового окрашивания, не исчезающего в течение 1 мин и соответствующего контрольному эталону окраски.

Обработка результатов

Кислотность в градусах Тернера ($^{\circ}\text{T}$) находят умножением объема, см^3 , раствора гидроокиси натрия, затраченного на нейтрализацию кислот, содержащихся в определенном объеме продукта, на следующие коэффициенты:

10 – для молока, молока с наполнителями, сливок, простокваши, ацидофильного молока, кефира, кумыса и других кисломолочных продуктов;

20 – для мороженого, сметаны, творога и творожных изделий.

Кислотность сливочного масла и его жировой фазы в градусах Кристофера ($^{\circ}\text{K}$) находят умножением на два объема раствора гидроокиси натрия, затраченного на нейтрализацию кислот, содержащихся в 5 г продукта.

Допускаемая погрешность результата анализа при доверительной вероятности $P = 0,95$, составляет:

$\pm 1,9^{\circ}\text{T}$ – для молока, молока с наполнителем, сливок, простокваши, ацидофильного молока, кефира, кумыса, других кисломолочных продуктов и мороженого;

$\pm 2,3^{\circ}\text{T}$ – для сметаны;

$\pm 3,6^{\circ}\text{T}$ – для творога и творожных изделий;

$\pm 0,1^{\circ}\text{K}$ – для масла сливочного и его жировой фазы;

$\pm 0,5^{\circ}\text{T}$ – для плазмы сливочного масла.

Расхождение между двумя параллельными определениями не должно превышать:

$2,6^{\circ}\text{T}$ – для молока, молока с наполнителем, сливок, простокваши, ацидофильного молока, кефира, кумыса, других кисломолочных продуктов и мороженого;

$3,2^{\circ}\text{T}$ – для сметаны;

$5,0^{\circ}\text{T}$ – для творога и творожных изделий;

$0,1^{\circ}\text{K}$ – для масла сливочного и его жировой фазы;

$0,6^{\circ}\text{T}$ – для плазмы сливочного масла.

За окончательный результат анализа принимают среднее арифметическое значение результатов двух параллельных определений, округляя результат до вторичного десятичного знака.

При большем расхождении испытание повторяют с четырьмя параллельными определениями. При этом расхождение между средним арифметическим значением результатов четырех определений не должно превышать:

$1,8^{\circ}\text{T}$ – для молока, молока с наполнителем, сливок, простокваши, ацидофильного молока, кефира, кумыса, других кисломолочных продуктов и мороженого;

- 2,3 °Т – для сметаны;
- 3,6 °Т – для творога и творожных изделий;
- 0,1 °К – для масла сливочного и его жировой фазы;
- 0,5 °Т – для плазмы и сливочного масла.

При большем расхождении приготавливают заново все реактивы и повторяют испытания.

Метод определения предельной кислотности молока.

Метод применяется при проведении предварительной сортировки молока.

Метод основан на нейтрализации кислот, содержащихся в продукте, избыточном количестве гидроокиси натрия в присутствии индикатора фенолфталеина. При этом избыток гидроокиси натрия и интенсивность окраски в полученной смеси обратно пропорциональны кислотности молока.

Аппаратура, материалы и реактивы

- Колбы 1-1000-2, 2-1000-2 по ГОСТ 1770.
- Пробирки П1-16-150 ХС, П2-16-150 ХС по ГОСТ 25336.
- Цилиндры 1-50, 3-50 по ГОСТ 1770.
- Пипетки 2-2-10, 2-2-5 по ГОСТ 29169.
- Натрия гидроокись, стандарт-титр по ТУ 6-09-2540, раствор молочной концентрации 0,1 моль/дм³.
- Фенолфталеин по ТУ 6-09-5360, 70%-ный раствор массовой концентрации фенолфталеина 10 г/дм³.

Подготовка к анализу

Для определения предельной кислотности готовят рабочие растворы, определяющие соответствующий градус кислотности.

В мерную колбу отмеривают необходимый объем раствора гидроокиси натрия в соответствии с требованиями табл.6.2, добавляют 10 см³ фенолфталеина и дистиллированную воду до метки.

Таблица 6.2

Объем раствора гидроокиси натрия	80	85	90	95	100	105	110
Кислотность, °Т	16	17	18	19	20	21	22

Проведение анализа

В ряд пробирок вносят по 10 см³ гидроокиси натрия, приготовленного для определения соответствующего градуса кислотности. В каждую пробирку с раствором приливают по 5 см³ молока и содержимое пробирки перемешивают путем перевертывания. Если содержимое пробирки обесцвечивается, то кислотность данной пробы молока будет выше соответствующего данному раствору градуса.

СОДЕРЖАНИЕ

Практическая работа № 1. Определение максимальной концентрации загрязнений в приземном слое при горячих выбросах с одного источника	3
Практическая работа № 2. Определение максимальной концентрации загрязнений в приземном слое при холодных выбросах с одного источника	7
Практическая работа № 3. Определение концентраций загрязняющего вещества на разных расстояниях от источника выбросов	9
Практическая работа № 4. Определение предельно допустимых выбросов (ПДВ) вредных веществ	14
Практическая работа № 5. Расчет коэффициента смешения сточных вод с водой водного объекта и определение кратности разбавления сточных вод	16
Практическая работа № 6. Обоснование и расчет концентраций загрязняющих веществ в очищенных сточных водах и степени очистки	20
Практическая работа № 7. Определение нормативов предельно допустимого сброса вредных веществ, поступающих в водный объект со сточными водами	24
Лабораторная работа № 1. Расчет загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от стационарных источников	28
Лабораторная работа № 2. Расчет загрязняющих веществ, поступающих в атмосферный воздух от передвижных источников	41
Лабораторная работа № 3. Расчет предельно допустимых вредных загрязняющих веществ	59
Лабораторная работа № 4. Определение нормативов допустимых сбросов сточных вод в водотоки и водоемы	77
Лабораторная работа № 5. Расчёт платежей за нормативный и сверхнормативный выброс загрязняющих веществ	81
Лабораторная работа № 6. Контроль качества молочных продуктов. Титриметрические методы определения кислотности	87

Учебное издание

**Надежда Михайловна Дербасова
Ольга Петровна Гавриш**

**НОРМИРОВАНИЕ
И СНИЖЕНИЕ ЗАГРЯЗНЕНИЯ
ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Учебно-методическое пособие

В авторской редакции

Изд. № 14/2021. Объем 6 п.л.
РИИЦМ ФГАОУ ВО «Севастопольский государственный университет»