

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет

# ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ

Методические указания к практическим занятиям

В двух частях

Часть 1

*Составители А. В. Кузьмичев, Е. А. Калюжина, Т. Б. Гадаборшева*



© Федеральное государственное бюджетное  
образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный  
архитектурно-строительный университет», 2014

Волгоград  
ВолгГАСУ  
2014

УДК 502.17(076.5)  
ББК 20.18я73  
М545

М545

**Теоретические** основы защиты окружающей среды [Электронный ресурс] : методические указания к практическим занятиям : в 2-х ч. Ч. 1 / М-во образования и науки Рос. Федерации, Волгогр. гос. архит.-строит. ун-т ; сост. А. В. Кузьмичев, Е. А. Калюжина, Т. Б. Гадаборшева. — Электронные текстовые данные (279 Кбайт). — Волгоград : ВолгГАСУ, 2014. — Учебное электронное издание сетевого распространения. — Систем. требования: PC 486 DX-33; Microsoft Windows XP; Internet Explorer 6.0; Adobe Reader 6.0. — Официальный сайт Волгоградского государственного архитектурно-строительного университета. Режим доступа: <http://www.vgasu.ru/publishing/on-line/> — Загл. с титул. экрана.

Рассмотрены способы очистки выбросов от вредных газов и паров, изложены вопросы разбавления загрязненных выбросов путем их рассеивания в атмосфере.

Для студентов, обучающихся по направлению «Техносферная безопасность».

**УДК 502.17(076.5)**  
**ББК 20.18я73**

## Содержание

1.	Расчет требуемой степени очистки производственных стоков.....	4
2.	Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника.....	7
3.	Выделение загрязняющих веществ.....	10
4.	Определение класса опасности промышленных отходов.....	15

## Практическая работа № 1.

### РАСЧЕТ ТРЕБУЕМОЙ СТЕПЕНИ ОЧИСТКИ ПРОИЗВОДСТВЕННЫХ СТОКОВ

**Цель работы** - оценка требуемой очистки сточных вод (СВ), позволяющая обоснованно выбрать тип и мощность очистных сооружений, варианты размещения оголовков выпуска (у берега или в стрежень) и их конструктивных особенностей.

**Задание.** Определить требуемую степень очистки производственных стоков, если известны максимальный расход  $Q_{\max}$  стоков, содержащих ЗВ с концентрацией  $C_{\text{исх}}$ , фоновым загрязнением 20 % от ПДК ЗВ, глубина реки  $h$ , минимальный расход воды  $Q_{\min}$ , скорость потока  $U_{\text{п}}$ , скорость истечения стоков  $U_{\text{с}}$  (см. таблицу). Створ водопользования находится от места выпуска на расстоянии  $l_{\text{п}}$  по прямой и  $l_{\text{ф}}$  по фарватеру. Отношение расчетного диаметра струи к диаметру оголовков равно  $d$ , плотности стоков и воды в потоке равны единице.

Створ водопользования совпадает со створом полного разбавления.

**Методика расчета.** Промышленное предприятие через очистные сооружения сбрасывает сточные воды в водоем (см. рисунок). Участок водоема от места выпуска стоков условно делят на следующие зоны:

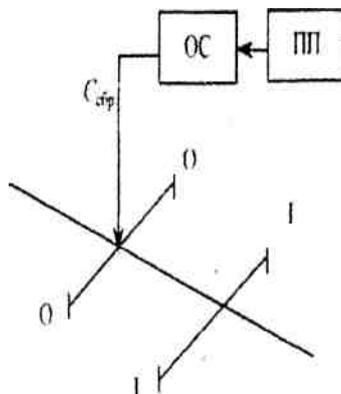
- 1) зона начального разбавления, в которой скорости истечения стоков  $U_{\text{с}}$  существенно выше скорости потока воды  $U_{\text{п}}$ ;
- 2) зона основного разбавления, в которой  $U_{\text{с}} = U_{\text{п}}$  и перемешивание стоков идет за счет турбулентной диффузии;
- 3) зона самоочищения, которую в расчетах не учитывают.

Общее разбавление СВ определяют как произведение кратности начального и основного разбавлений, являющихся результатом перемешивания стоков в зонах 1 и 2.

**Начальное разбавление**

$$n_{\text{н}} = \frac{0,248}{m} \cdot d^2 \cdot \left( \sqrt{m^2 + 8,1 \left( \frac{1-m}{d^2} \right)} - m \right),$$

где  $d$  - отношение расчетного диаметра струи к диаметру выпускного отверстия;  
 $m$  - безразмерный коэффициент,



Ситуационная схема для расчета условий сброса сточных вод

где ПП - промышленное предприятие;  
ОС - очистные сооружения;  
0-0 - «нулевой» створ, где производится сброс сточных вод;  
I-I - «расчетный» створ, начиная с которого воды водного объекта должны

отвечать санитарным требованиям для данного вида водопользования;  
 $C_{сбр}$  - концентрация зафазняющих веществ в сточной воде, подлежащей сбросу

$$m = \sqrt{\frac{\rho_n \cdot g_n^2}{\rho_c \cdot g_c^2}}$$

где  $\rho_n$  и  $\rho_c$  - плотности соответственно потоков воды и СВ, принимаемые обычно равными единице.

**Основное** разбавление рассматривают как величину, обратную коэффициенту смешения

$$n_o = \frac{1 - e^{(-\alpha \sqrt{l_\phi})}}{1 + \frac{Q_{\min}}{Q_{\max}} \cdot e^{(-\alpha \sqrt{l_\phi})}}$$

где  $\alpha$  - безразмерный коэффициент, учитывающий гидрологические особенности водоема,

$$\alpha = \tau \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{D / Q_{\max}} \quad (\text{не может быть равен } 1)$$

где  $\tau$  - коэффициент, зависящий от конфигурации реки.  
 $\xi$  - коэффициент, зависящий от типа водоема, для речного стока равен 1,5.  
 $D$  - коэффициент турбулентной диффузии, в данном случае  $D = g_n \cdot h / 200$ ;  
 $h$  - глубина водоема, м.

$$\tau = \frac{l_\phi}{l_n}$$

Расчетная концентрация ЗВ после полного перемешивания

$$C_p = \frac{C_{исх}}{n_n \cdot n_o}$$

где  $C_{исх}$  - концентрация ЗВ в неочищенных стоках, мг/л;  
 $n_n$  и  $n_o$  - кратность начального и основного разбавления.

Требуемая степень очистки

$$\mathcal{E}_o = \frac{C_p - C_{ПДК}}{C_p}$$

ГН 2.1.5.1315-03

Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

№ п/п	Наименование вещества	№ CAS	Формула	Величина ПДК, мг/л	Класс опасности
1	2	3	4	5	6
1	Алюминий	7429-90-5	Al	0,2	3
2	Аммиак и аммоний-ион /по азоту/	7664-41-7	NH <sub>3</sub>	1,5	4

3	Аммоний сульфат /по азоту/	7783-20-2	H <sub>8</sub> N <sub>2</sub> O <sub>4</sub> S	1	3
4	Ацетон	75-05-8	C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> N	0,7	3
5	Бензол	71-43-2	C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	0,01	1
6	Железо (включая хлорное железо) по Fe			0,3	3
7	Кадмий	7440-43-9	Cd	0,001	2
8	Кобальт	7440-48-4	CO	0,1	2
9	Кремний /по Si/	7631-86-9	Si	10	2
10	Магний	7439-95-4	Mg	50	3
11	Марганец	7439-96-5	Mn	0,1	3
12	Медь	7440-50-8	Cu	1	3
13	Молибден	7439-98-7	Mo	0,25	2
14	Натрий	7440-23-5	Na	200	2
15	Никель	7440-02-0	Ni	0,02	2
16	Нитраты /по NO <sub>3</sub> /			45	3
17	Нитриты /по NO <sub>2</sub> /			3,3	2
18	Свинец	7439-92-1	Pb	0,01	2
19	Хлориды /по Cl/			350	4
20	Хром Cr <sup>3+</sup>			0,5	3
21	Цинк	7440-66-6	Zn	1	3

### Исходные данные

Вар	ЗВ	Q <sub>max</sub> м <sup>3</sup> /с	Q <sub>min</sub> м <sup>3</sup> /с	g <sub>с</sub> , м/с	g <sub>п</sub> , м/с	h, м	l <sub>п</sub> , км	l <sub>ф</sub> , км	C <sub>исх</sub> мг/л	d
1	Хлориды /по Cl/	3	120	2,5	0,52	4,8	2	3	600	2
2	Аммиак /по азоту/	1	100	3,0	0,35	4,5	2	3	300	2,5
3	Нитриты /по NO <sub>2</sub> /	2	90	3,1	0,42	5,0	2,2	4	200	3
4	Ацетон	4	110	2,4	0,38	3,9	2,2	3	150	3,5
5	Железо	4	120	2,9	0,35	5,0	2,4	5	200	4,5
6	Кадмий	1	130	2,8	0,4	4,9	2,6	6	250	5
7	Кобальт	2	100	3,6	0,42	3,9	2,6	4	300	4,5
8	Кремний /по Si/	4	90	4,0	0,45	4,8	2,8	6	240	4
9	Магний	2	100	2,8	0,36	4,7	2,8	4	340	6
10	Медь	3	120	3,5	0,37	4,5	3,0	6	200	6
11	Молибден	1	90	3,4	0,42	5,0	3,2	4	300	5,0
12	Железо	4	110	2,9	0,46	5,2	3,2	5	240	6
13	Никель	2	130	2,7	0,5	4,6	3,4	6	250	4
14	Нитраты /по NO <sub>3</sub> /	3	140	2,5	0,49	4,8	3,4	5	160	4,5
15	Медь	1	150	2,6	0,36	5,0	3,6	5	180	3,5
16	Цинк	2	100	3,4	0,39	4,7	3,6	6	200	3
17	Марганец	4	160	3,6	0,41	3,9	3,4	4	220	2,5
18	Алюминий	3	120	3,8	0,37	4,5	3,4	4	210	2
19	Свинец	1	140	4,2	0,44	4,6	3,2	5	160	4,5
20	Аммоний сульфат /по	4	160	3,9	0,45	5,0	3,0	6	250	5,0
21	Хром Cr <sup>3+</sup>	2	100	3,2	0,55	4,7	3,0	4	210	5,5
22	Бензол	1	90	3,8	0,6	5,0	2,8	4	140	4,5
23	Натрий	3	110	2,7	0,37	4,8	2,8	3	300	6
24	Медь	1	130	4,1	0,61	3,9	2,6	3	180	4,5
25	Кобальт	4	140	3,7	0,58	4,2	2,6	4	190	5

## Практическое занятие № 2

### РАСЧЕТ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ВЫБРОСАМИ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества  $c_m$  (мг/м<sup>3</sup>) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии  $x_m$  (м) от источника и определяется по формуле

$$c_m = \frac{AMF \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}},$$

- где  $A$  - значение коэффициента  $A$ , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным: 200-для Европейской территории СССР: для районов РСФСР южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдавии; для Азиатской территории СССР: для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;
- $M$  - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени, (г/с);
- $F$  - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;
- $m$  и  $n$  - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;
- $H$  - высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается  $H = 2$  м);
- $\eta$  - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км,  $\eta = 1$ ;
- $\Delta T$  - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси  $T_c$  и температурой окружающего атмосферного воздуха  $T_a$ ; (°C)
- $V_1$  - расход газовой смеси, (м<sup>3</sup>/с)

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0,$$

- где  $D$  - диаметр устья источника выброса, м;
- $\omega_0$  - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса. (м/с)

Значение безразмерного коэффициента  $F$  принимается:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) - 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % - 2; от 75 до 90 % - 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки - 3.

Значения коэффициентов  $m$  и  $n$  определяются в зависимости от параметров  $f$ ,  $v_m$ ,  $v'_m$  и  $f_e$ .

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T};$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} ;$$

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} ;$$

$$f_e = 800 (v'_m)^3 .$$

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

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

Коэффициент  $n$  определяется в зависимости от  $f$  по формулам:

$$n = 1 \text{ при } v_m \geq 2;$$

$$n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2;$$

$$n = 4,4 v_m \text{ при } v_m < 0,5.$$

Расстояние  $x_m$  (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация  $c$  ( $\text{мг}/\text{м}^3$ ) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения  $c_m$ , определяется по формуле

$$x_m = \frac{5 - F}{4} d H ,$$

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

$$d = 2,48 (1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e}) \text{ при } v_m \leq 0,5 ;$$

$$d = 4,95 v_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2 ;$$

$$d = 7 \sqrt{v_m} (1 + 0,28 \sqrt[3]{f}) \text{ при } v_m > 2 .$$

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

$$d = 5,7 \text{ при } v'_m \leq 0,5 ;$$

$$d = 11,4 v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2 ;$$

$$d = 16 \sqrt{v'_m} \text{ при } v'_m > 2 .$$

Значение опасной скорости  $u_m$  (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ  $c_m$ , в случае  $f < 100$  определяется по формулам:

$$u_m = 0,5 \text{ при } v_m \leq 0,5 ;$$

$$u_m = v_m \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2 ;$$

$$u_m = v_m (1 + 0,12 \sqrt{f}) \text{ при } v_m > 2 .$$

При  $f > 100$  или  $\Delta T \approx 0$  значение  $u_m$  вычисляется по формулам:

$$u_m = 0,5 \text{ при } v'_m \leq 0,5 ;$$

$$u_m = v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2 ;$$

$$u_m = 2,2 v'_m \text{ при } v'_m > 2 .$$

**Задание. 1.** По исходным данным (см. таблицу) рассчитать максимальную приземную концентрацию  $C_{\max}$  загрязняющих веществ, создаваемую источником загрязнения атмосферы (ИЗА); расстояние  $x_{\max}$  от ИЗА до точки максимальной приземной концентрации; опасную скорость ветра  $u_{\max}$  при которой создается максимальная концентрация ЗВ;

Методика расчетов. Расчеты рассеивания загрязняющих веществ (ЗВ) в атмосфере, высоты трубы  $H$  и предельно допустимых выбросов (ПДВ) от одиночных стационарных источников загрязнения атмосферы (ИЗА) выполняются по ОНД-86 [2]. В нашем случае ИЗА, для которого ведется расчет, расположен в Волгоградской области на ровной и слабопересеченной местности и имеет одну дымовую трубу.

### Исходные данные

Вариант	Масса выбросов $M$ по компонентам, г/с				Высота трубы $H$ , м	Диаметр устья трубы $D$ , м	Скорость выхода пылегазовоздушной струи $w_0$ , м/с	Разность температур выбросов и наружного воздуха $\Delta T$ , °C	Эффективность пылеулавливания $\xi$ , %
	Зола	NO <sub>2</sub>	SO <sub>2</sub>	CO					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1	15	10	24	280	25	1,1	1,5	180	80
2	16	11	25	290	27	1,2	2	185	74
3	17	12	26	300	29	1,3	2,5	190	64
4	18	14	27	320	31	1,4	3	195	90
5	19	16	28	340	33	1,5	3,5	200	95
6	20	15	29	200	35	1,6	4	205	97
7	21	20	30	220	37	1,7	4,5	210	72
8	22	21	31	240	39	1,8	5	215	85
9	23	23	32	300	41	1,9	5,5	220	91
10	24	25	33	280	43	2,0	6	222	92
11	25	29	34	260	45	1,9	6,5	225	83
12	26	30	35	240	47	1,8	7	230	84
13	27	17	36	220	49	1,7	7,5	235	70
14	28	16	37	1000	50	1,6	8	240	69
15	29	15	38	1100	48	1,5	8,5	245	98
16	30	14	39	1200	46	1,4	9	250	99
17	31	13	40	1300	44	1,3	8,5	230	89
18	32	12	42	1400	42	1,2	8	220	78
19	33	28	22	900	40	1,5	7,5	210	69
20	32	20	36	220	37	1,7	4,5	220	85
21	31	18	40	300	36	1,1	5,5	210	91
22	30	17	39	200	35	1,2	7,5	220	60
23	35	16	38	190	34	1,3	8	225	70
24	29	15	37	180	36	1,4	7,5	235	80
25	27	14	36	300	32	1,1	6	222	68

## Практическое занятие № 3

### ВЫДЕЛЕНИЕ ЗАГРЯЗНЯЮЩИХ ВЕЩЕСТВ

#### 3.1 Механическая обработка материалов

Характерной особенностью процессов механической обработки материалов является выделение твердых частиц (пыли), а при обработке материалов с применением смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ) — дополнительно выделение аэрозоля СОЖ.

В качестве СОЖ рекомендуются нефтяные минеральные масла и различные эмульсии, которые уменьшают выделение пыли на 85-90%.

При обработке металлов и сплавов наилучшим вариантом, который используется для дальнейших расчетов и установления нормативов загрязнения атмосферы, считается тот, когда химический состав пыли идентифицируется как оксиды соответствующих металлов.

При работе заточных и шлифовальных станков наряду с пылью металлической, имеющей состав обрабатываемого материала или, в худшем случае, оксидов обрабатываемого металла, также выделяется пыль абразивная, по составу аналогичная материалу шлифовального (заточного) круга.

1. Максимально разовое выделение (в г/с) загрязняющего вещества (пыли) от группы из  $m$  штук одновременно работающих станков определяется по формуле:

$$G = \sum_{i=1}^m g_i \cdot k_i^{\text{СОЖ}} / 3600$$

где  $g_i$  - удельное выделение ЗВ при работе на  $i$ -м станке, г/ч;  
 $k_i^{\text{СОЖ}}$  - коэффициент, учитывающий применение (= 0,15) или отсутствие (= 1) СОЖ на  $i$ -м станке.

2. Валовое выделение (в м<sup>3</sup>/год) загрязняющего вещества (пыли) от группы из  $m$  штук станков:

$$M = \sum_{i=1}^m g_i \cdot k_i^{\text{СОЖ}} \cdot T_i \cdot 10^{-6} = \sum_{i=1}^m g_i \cdot k_i^{\text{СОЖ}} \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6}$$

где  $T_i$  - суммарное время работы на  $i$ -м станке за год, ч/год  
 $N_i$  - количество дней работы на  $i$ -м станке за год;  
 $t_i$  - время работы на  $i$ -м станке за день, ч

3. Максимально разовое выделение (в г/с) аэрозоля СОЖ от группы из  $m$  штук одновременно работающих станков

$$G_{\text{СОЖ}} = \sum_{i=1}^m g_i^{\text{СОЖ}} \cdot W_i^* / 3600$$

где  $g_i^{\text{СОЖ}}$  - удельное выделение аэрозоля СОЖ при работе на  $i$ -м станке, г/кВт·ч  
 $W_i^*$  - мощность электродвигателя  $i$ -го станка, кВт.

4. Валовое выделение (в м<sup>3</sup>/год) аэрозоля СОЖ от группы из  $m$  штук станков определяется по формуле:

$$M = \sum_{i=1}^m g_i^{\text{СОЖ}} \cdot W_i^* \cdot T_i \cdot 10^{-6} = \sum_{i=1}^m g_i^{\text{СОЖ}} \cdot W_i^* \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6}$$

где  $T_i$  - суммарное время работы на  $i$ -м станке за год, ч/год;

$t_i$  - время работы на  $i$ -м станке за день, ч;  
 $N_i$  - количество дней работы  $i$ -го станка за год.

5. В случаях, когда в справочных изданиях приводятся удельные нормативы выделения ЗВ, отнесенные к единице массы перерабатываемого материала, расчет удельного выделения, отнесенного к единице времени (в г/с), проводится по формуле:

$$g = g^* \cdot p / (T_{\text{пер}} \cdot 3600)$$

где  $g^*$  - удельное выделение ЗВ, г/кг;  
 $p$  - количество перерабатываемого материала за цикл, кг/цикл;  
 $T_{\text{пер}}$  - длительность цикла переработки материала, ч/цикл.

### 3.2. Нанесение лакокрасочных материалов

Для нанесения на изделие защитных и декоративных покрытий используют различные шпатлевки, грунтовки, эмали и лаки, содержащие пленкообразующую основу (минеральные и органические пигменты, пленкообразователи и наполнители) и растворители или разбавители (преимущественно смеси легколетучих углеводородов ароматического ряда, эфиров, спиртов и т. п.)

Формирование покрытия на поверхности изделий заключается, как правило, в нанесении лакокрасочного материала (ЛКМ) и его сушке. При этом в воздух выделяются аэрозоль краски и пары компонентов растворителя, количество которых зависит от технологии окраски, производительности применяемого оборудования, состава ЛКМ и растворителей.

После завершения окраски и сушки летучих компонентов в изделии не остается, они практически полностью испаряются. Меньшая часть переходит в газообразное состояние во время окраски, большая — при сушке.

При распылении ЛКМ образуется аэрозоль краски, первоначальный состав которого идентичен составу наносимой смеси ЛКМ с растворителем (разбавителем). Через определенное время растворитель из жидких капель аэрозоля переходит в газовую фазу, и аэрозоль краски представляет смесь воздуха с твердыми частицами сухого остатка ЛКМ. От способа (технологии) распыления зависит доля общего количества краски, переходящая в момент нанесения покрытия в аэрозоль, уносимый в окружающее пространство мимо окрашиваемого изделия и попадающий в вытяжную вентиляционную систему. Нанесение ЛКМ кистью, окунанием, обливом, так же как и ручное выравнивание поверхностей шпатлеванием и подобные им процессы не сопровождаются образованием аэрозоля краски.

Исходный состав ЛКМ может разбавляться растворителями (разбавителями) до определенной вязкости в соответствии с требованиями технологии конкретного способа нанесения ЛКМ, например, при пневматическом распылении в грунтовки, эмали и т. п. добавляется соответствующий растворитель приблизительно в количестве  $\frac{1}{3}$  от объема исходного ЛКМ.

В связи с незначительным содержанием растворителей в шпатлевке учитывать их отдельно считается нецелесообразным, а рекомендуется включать в расход растворителей при окраске и сушке.

Окраска и сушка осуществляются как в специализированных камерах (шкафах и т. п.), так и просто в помещении окрасочных участков. Специализированные камеры могут быть с автономными вытяжными вентиляционными системами и использоваться отдельно для окраски и отдельно для сушки с перемещением окрашиваемых изделий между ними, а также могут быть комбинированными с общей вентиляцией и последовательным проведением окраски и сушки.

Расчет выделения ЗВ на участках (в цехах) окраски ведется раздельно для окрасочного аэрозоля (сухого остатка) и компонентов растворителей, для грунтовки, ручной и послойного

нанесения многослойных покрытий ЛКМ, а также для окраски и для сушки.

Общее валовое выделение летучих компонентов растворителей и разбавителей в соответствии с материальным балансом должно равняться расходу растворителей, разбавителей и летучей части исходных ЛКМ, использованных на рассматриваемом участке (в цехе) за соответствующий период времени (месяц, квартал, год). Общий валовый выброс летучих компонентов в атмосферу всех вентиляционных систем равен разнице между их общим валовым выделением и суммарным уловом этих компонентов в действующих газоочистных устройствах на рассматриваемом участке (в цехе).

1. Валовое выделение (в  $m/год$ ) аэрозоля краски в процессе окраски определяется по формуле:

$$M_{aep} = Z_{кр} \cdot \Delta_{сух} \cdot \delta_{aep} \cdot 10^{-4}$$

где  $Z_{кр}$  - количество израсходованного исходного ЛКМ,  $m/год$ ;

$\Delta_{сух}$  - доля сухого остатка в исходном ЛКМ, %;

$\delta_{aep}$  - доля ЛКМ, потерянного в виде аэрозоля, %.

Причем:

<i>способ распыления</i>	$\delta_{aep}, \%$
пневматическое	30
безвоздушное	2,5
пневмоэлектростатическое	3,5
электростатическое	0,3

2. Валовое выделение (в  $m/год$ )  $i$ -го летучего компонента: в процессе окраски

$$M_i^{ок} = Z_{кр} \cdot (1 - \Delta_{сух} \cdot 10^{-2}) \cdot \varphi_i^{кр} \cdot \beta^{ок} \cdot 10^{-4} + Z_{раст} \cdot \varphi_i^{раст} \cdot \beta^{ок} \cdot 10^{-4}$$

В процессе сушки

$$M_i^{суш} = Z_{кр} \cdot (1 - \Delta_{сух} \cdot 10^{-2}) \cdot \varphi_i^{кр} \cdot \beta^{суш} \cdot 10^{-4} + Z_{раст} \cdot \varphi_i^{раст} \cdot \beta^{суш} \cdot 10^{-4}$$

где  $Z_{раст}$  - количество растворителя, израсходованного за год на разбавление исходного ЛКМ до требуемой вязкости,  $m/год$ ;

$\varphi_i^{кр} (\varphi_i^{раст})$  - доля  $i$ -го компонента в летучей части исходного ЛКМ (в растворителе-разбавителе), %;

$\beta^{ок} (\beta^{суш})$  - доля растворителя, испаряющаяся за время окраски (сушки), %.

Причем:

<i>способ распыления:</i>	$\beta^{ок}$	$\beta^{суш}$
пневматическое	25	75
безвоздушное	23	77
пневмоэлектростатическое	20	80
электростатическое	50	50

3. Максимально разовое выделение (в  $^2/c$ ) ЗВ определяется для наиболее напряженного времени работы участка (специализированной камеры, печи), когда расходуется наибольшее количество ЛКМ, по формуле:

$$G_i^{aep} = M_{max} \cdot 10^6 / (3600 \cdot n \cdot t),$$

где  $M_{\max}$  - валовое выделение  $i$ -го компонента растворителя (аэрозоля краски) за месяц наиболее напряженной работы ( $M_i^{ок}$ ,  $M_i^{суш}$  или  $M_i^{аэп}$ ),  $т/месяц$ ;  
 $n$  - число дней работы участка (камеры, печи) в этом месяце,  $дн/мес$ ;  
 $t$  - среднее чистое время работы (окраски, сушки) участка (камеры, печи) за день в наиболее напряженный месяц,  $ч/день$ .

### 3.3. Сварка, наплавка, пайка, электрогазорезка металлов

Процессы сварки, наплавки и тепловой резки металлов сопровождаются выделением сварочного аэрозоля и газов, количество которых пропорционально расходу сварочных материалов (электродов, сварочной проволоки и т. п.), а при контактной электросварке— номинальной мощности применяемого оборудования.

Сварочный аэрозоль и аэрозоль, выделяющийся при газовой резке, преимущественно состоят из оксидов свариваемых (разрезаемых) металлов или компонентов сплавов (железа, марганца, хрома, титана, алюминия и т. д.).

Применение для нагрева деталей тепла от сжигания горючих газов (ацетилен, пропан-бутановой смеси и т. п.) ведет к выделению оксидов азота и углерода в количестве, зависящем от вида процесса нагрева и расхода горючего газа.

1. Максимально разовое выделение (в  $г/с$ ) загрязняющего вещества (компонентов сварочного аэрозоля и сопутствующих газов) от группы из  $m$  штук одновременно работающих сварочных постов (машин электроконтактной сварки) определяется по формулам:

$$G = \sum_{i=1}^m g_i^* \cdot p / (T_{пер} \cdot 3600 \quad )$$

где  $g_i^*$  - удельное выделение ЗВ  $i$ -го поста,  $г/кг$ ;  
 $p$  - количество использованного сварочного материала за время непрерывной работы (цикл)  $i$ -го поста,  $кг/цикл$ ;  
 $T_{пер}$  —длительность цикла сварки  $i$ -го поста,  $ч/цикл$

или 
$$G = \sum_{i=1}^m g_i^* \cdot W_i / (50 \cdot 3600 \quad )$$

где  $g_i^*$  - удельное выделение ЗВ при работе  $i$ -й электроконтактной машины,  $г/ч$  на  $50 \text{ кВт}$  номинальной мощности машины;  
 $W_i$  - номинальная мощность  $i$ -й машины,  $кВт$ .

2. Максимально разовое выделение (в  $г/с$ ) загрязняющего вещества (продуктов горения) от группы из  $m$  штук одновременно работающих горелок при сварке, наплавке, пайке или газорезке металлов определяется по формуле:

$$G = \sum_{j=1}^m g_j^* \cdot p / (T_{пер} \cdot 3600 \quad )$$

где  $g_j^*$  - удельное выделение ЗВ  $j$ -й горелки,  $г/кг$ ;  
 $p$  - количество использованного горючего газа за время непрерывной работы (цикл)  $j$ -й горелки,  $кг/цикл$ ;  
 $T_{пер}$  - длительность работы  $j$ -й горелки,  $ч/цикл$ .

3. Максимально разовое выделение (в  $г/с$ ) загрязняющего вещества (компонентов аэрозоля и сопутствующих газов) от группы из  $m$  штук одновременно работающих газовых резаков:

$$G = \sum_{i=1}^m g_i / 3600$$

где  $g_i$  - удельное выделение ЗВ при работе  $i$ -го резака,  $^2/ч$ .

4. Пересчет справочных значений удельных выделений ЗВ от газового резака можно провести по формуле:

$$g = g^0 \cdot L$$

где  $g$  - удельное выделение ЗВ при работе резака,  $^2/ч$ ;

$g^0$  - удельное выделение ЗВ при работе резака,  $^2/пог.м$ ;

$L$  - производительность газового резака,  $пог.м/ч_2$

5. Валовое выделение (в  $^m/год$ ) загрязняющего вещества от группы из  $m$  штук сварочных постов (машин электроконтактной сварки) определяется по формулам:

$$M = \sum_{i=1}^m g_i^* \cdot P_i \cdot 10^{-6}$$

где  $g_i^*$  - удельное выделение ЗВ  $i$ -го поста,  $^2/кг$ ;

$P_i$  - общее количество сварочного материала или горючего газа, использованного  $i$ -м постом за год,  $кг/год$

$$M = \sum_{i=1}^m g_i^* \cdot W_i^* \cdot T_i \cdot 10^{-6} / 50 = \sum_{i=1}^m g_i^* \cdot W_i^* \cdot t_i \cdot N_i \cdot 2 \cdot 10^{-6}$$

где  $T_i$  - суммарное время сварки на  $i$ -й машине за год,  $^4/год$ ;

$t_i$  - время сварки на  $i$ -й машине за день,  $ч$ ;

$N_i$  - количество дней работы  $i$ -й машины за год.

6. Валовое выделение (в  $^m/год$ ) загрязняющего вещества от группы из  $m$  штук газовых резаков:

$$M = \sum_{i=1}^m g_i \cdot T_i \cdot 10^{-6} = \sum_{i=1}^m g_i \cdot t_i \cdot N_i \cdot 10^{-6}$$

где  $g_i$  - удельное выделение ЗВ при работе  $i$ -го резака,  $^2/ч$ ;

$T_i$  - суммарное время работы на  $i$ -м станке за год,  $ч/год$ ;

$t_i$  - время работы на  $i$ -м станке за день,  $ч$ ;

$N_i$  - количество дней работы на  $i$ -м станке за год.

## Практическое занятие № 4

### ОПРЕДЕЛЕНИЕ КЛАССА ОПАСНОСТИ ПРОМЫШЛЕННЫХ ОТХОДОВ

**Цель работы:** определение класса опасности промышленных отходов на основе расчета индекса опасности отходов производства.

#### **Задание.**

4.1. Отходы отработанного активированного угля содержит одно из органических веществ: хлороформ; четыреххлористый углерод; бензол; перхлорэтилен; толуол. Уголь подвергли обезвреживанию, при этом содержание органического загрязняющего вещества снизилось до 0,1 %. Опасность отхода определяется наличием в нем органического вещества.

Справочные данные для загрязняющих веществ приведены в табл. 5.1.

Рассчитать класс опасности отхода отработанного угля до и после обезвреживания. ПДК приведены в приложении 10.

4.2. Шлам от мойки машин и механизмов содержит низкокипящие нефтепродукты, индустриальные масла. Класс опасности в воздухе рабочей зоны по нефти 3-й; ЛД<sub>50</sub> (летальная доза по индустриальным маслам) равен 12000 мг/кг. Определить класс опасности шлама, загрязненного нефтепродуктами, индустриальными маслами.

4.3. Определить класс опасности отхода производства фторсолей, если в его состав входят сера, натрия сульфат и натрия фторид. Значение ПДК в почве для серы 160 мг/кг, для сульфат-иона-ПДК в почве серной кислоты 160 мг/кг, для фторида натрия – ПДК в почве для растворимой формы фтора 10 мг/кг. Растворимость в воде сульфата натрия в пересчете на сульфат-ион – 35,8 г в 100 г воды, фторида натрия в пересчете на фторид-ион – 1,95 г в 100 г воды, сера в воде практически не растворима.

Вариант заданий приведены в приложении 14.

#### **Порядок выполнения работы**

4.1. Определение класса опасности промышленных отходов на основе ПДК химических веществ в почве.

Расчет индекса опасности веду по формуле

$$K_i = \frac{ПДК_i}{(S + C_v)_i}, \quad (4.1)$$

где ПДК<sub>i</sub> – предельно допустимая концентрация токсичного химического вещества, содержащегося в отходе, в почве, мг/кг; S – коэффициент, отражающий растворимость в воде, безразмерный и равный растворимости данного химического вещества в граммах на 100 г воды при 25 °С, деленной на 100, величина S находится в интервале от 0 до 1, при растворимости больше 100 г в 100 г воды S принимается равным 1; C<sub>v</sub> – содержание данного компонента в общей массе отхода, массовая доля; i – порядковый номер данного компонента.

Таблица 4.1

#### **Физико-токсикологические параметры токсичных компонентов отходов**

Загрязняющее вещество	ЛД <sub>50</sub> , мг/кг	Растворимость, г в 100 г воды	Легучесть	Класс опасности в воздухе рабочей зоны	ПДК в почве, мг/кг
1	2	3	4	5	6
Хлороформ	100	0,82	0,21	2	-
Углерод четырехвалентный	5760	0,08	0,16	2	-

Бензол, нефтепродукты и масла	4600	0,08	0,1	2	0,3
Перхлорэтилен	> 5000	0,015	0,013	3	0,2
Толуол	-	0,063	0,04	3	0,3
Меди нитрат	940	134*	0	2	3,0
Кобальта сульфат	-	13,8*	0	-	6,0
Никеля нитрат	1620	77*	0	1	4,0
Мышьяка оксид (III)	13,8	2,8*	0	1	2,0
Нитраты	-	∞	0	-	130
сульфаты	-	∞	0	-	160

*Примечание.* Цифры, помеченные звездочкой, указывают растворимость в пересчете на токсичный компонент-металл.

Величину  $K_i$  округляют до первого знака после запятой.

В случае, когда опасность отхода определяется по катиону или аниону токсичного компонента отхода, используется растворимость компонента в пересчете на катион (анион).

4.2. Определить класс опасности при отсутствии ПДК химических веществ в почве.

Расчет индекса опасности ведут для каждого компонента отхода, используя величину ЛД<sub>50</sub> для данного компонента (ЛД<sub>50</sub> – средняя смертельная доза при введении в желудок, мг/кг), при наличии в справочнике нескольких значений ЛД<sub>50</sub> принимают минимальное значение

$$K_i = \frac{Lg(LD_{50})}{(S + 0,1F + C_g)_i}, \quad (4.2)$$

где F – безразмерный коэффициент летучести данного компонента, равный отношению давления насыщенного пара индивидуального компонента при температуре 25 °С к 760 мм рт.ст., значение F находится в интервале от 0 до 1; летучесть определяют только для веществ, имеющих температуру кипения при 760 мм рт.ст не выше 80 °С.

4.3. Определить класс опасности при отсутствии ПДК химических веществ в почве и ЛД<sub>50</sub>.

При отсутствии ПДК в почве и ЛД<sub>50</sub> для некоторых компонентов отходов, но при наличии величин классов опасности в воздухе рабочей зоны в уравнение (4.2) подставляют условные величины ЛД<sub>50</sub> ориентировочно определяемые по показателям класса опасности в воздухе рабочей зоны с помощью следующих данных:

Класс опасности	1	2	3	4
ЛД <sub>50</sub> , мг/кг	15	150	5000	более 5000

4.4. Определить суммарный индекс опасности.

Расчитав  $K_i$  для отдельных компонентов отхода, выбирают несколько (не более трех) ведущих компонентов отходов, имеющих наименьшее значение  $K_i$  причем  $K_1 < K_2 < K_3$ .

Затем ведут расчет индекса опасности отхода по трем ведущим компонентам при условии  $2K_1 \geq K_3$ ; по двум ведущим компонентам при условии  $2K_1 \geq K_2$ , но  $2K_1 \leq K_3$ ,

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_1^n K_i, \quad (4.3)$$

где n – количество ведущих компонентов отхода,  $n \leq 3$ .

После расчета  $K_{\Sigma}$  определяют класс опасности отхода по табл. 4.2 при расчете на основе ПДК в почве или из табл.4.3 при расчете на основе ЛД<sub>50</sub>.

Таблица 4.2

**Классификация опасности химических веществ на основе их ПДК в почве**

Расчетная величина $K_{\Sigma}$	Класс опасности	Степень опасности
Менее 2	1	Чрезвычайно опасные
От 2 до 16	2	Высоко опасные
От 16,1 до 30	3	Умеренно опасные
Выше 30	4	малоопасные

Таблица 4.3

**Классификация опасности химических веществ по ЛД<sub>50</sub>**

Расчетная величина $K_{\Sigma}$	Класс опасности	Степень опасности
Менее 1,3	1	Чрезвычайно опасные
От 1,3 до 3,3	2	Высоко опасные
От 3,4 до 10	3	Умеренно опасные
Выше 10	4	малоопасные

**Пример 4.1.** Рассчитать класс опасности отхода на основе ПДК в почве на основе ЛД<sub>50</sub> и исходя из класса опасности веществ в воздухе рабочей зоны.

Справочные данные о ведущих компонентах отходов и их содержании в отходах приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4

**Содержание ведущих компонентов в отходах и справочные данные для расчета класса опасности отходов**

Задание	Ведущий компонент отхода	Содержание компонента в отходе, %	ПДК в почве, мг/кг	Растворимость в 100 г воды, г	Температура кипения, °С	Летальная доза ЛД <sub>50</sub> , мг/кг	Класс опасности в воздухе рабочей зоны
4.1	Хлорофос	5	0,5	12,3	> 80	57	2
	Метафос	5	0,1	0,006	> 80	13	1
	Карбофос	5	2,0	0	> 80	190	2
4.2	Бария хлорид	5	-	36,2	2050	100	2
	Натрия тетраборат Na <sub>2</sub> B <sub>4</sub> O <sub>7</sub> ·10H <sub>2</sub> O	35	-	2,12	320	2000	2
4.3	Нитробензол	25	-	0,19	210	150	2
	Трихлорбензол	40	-	0	213	150	2

4.1. Рассчитываем индексы опасности ведущих компонентов отходов по формуле (4.1)

$$K_i = \frac{ПДК_i}{(S + C_e)_i} = K_1 = K_{\text{метафос}} = \frac{0,1}{6 \cdot 10^{-5} + 0,05} = 2;$$

$$K_2 = K_{\text{хлорофос}} = \frac{0,5}{0,123 + 0,05} = 2,9;$$

$$K_3 = K_{\text{карбофос}} = \frac{2}{0 + 0,05} = 40;$$

$$K_{\text{метафос}} < K_{\text{хлорофос}} < K_{\text{карбофос}}$$

Показатель летучести F принят равным нулю, так как температура кипения выше 80 °С.  
Находим суммарный индекс опасности по двум ведущим компонентам, так как  $2K_1 > K_2$ , а  $2K_1 < K_3$ .

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_1^n K_i = \frac{2 + 2,9}{2^2} = 1,2.$$

Вывод: согласно табл. 4.2 отход, содержащий по 5 % хлорофоса, метафоса и карбофоса, относится к 1-му классу опасности.

4.2. Рассчитываем индексы опасности ведущих компонентов отходов по формуле (4.2):

$$K_i = \frac{Lg(JD_{50})}{(S + 0,1F + C_g)_i} = K_{iBaCl_2} = \frac{lg100}{0,362 + 0 + 0,05} = 4,9;$$

$$K_{iNa_2B_4O_7 \cdot 10H_2O} = \frac{lg2000}{0,0212 + 0 + 0,35} = 8,9.$$

Показатель летучести F принят равным нулю, так как температура кипения выше 80 °С.  
Находим суммарный индекс опасности по двум ведущим компонентам, так как  $2K_1 > K_2$ ,

$$K_{\Sigma} = \frac{1}{n^2} \sum_1^n K_i = \frac{4,9 + 8,9}{2^2} = 3,5.$$

Вывод: согласно табл. 4.3 отход, содержащий по 5 % хлорида бария и 35 % тетрабората натрия, относится к 3-му классу опасности.

4.3. Рассчитываем индексы опасности ведущих компонентов отходов по формуле (4.2.)

$$K_i = \frac{Lg(JD_{50})}{(S + 0,1F + C_g)_i} = K_{нитробензола} = \frac{lg150}{0,002 + 0 + 0,25} = 8,6;$$

$$K_{трихлорбензола} = \frac{lg150}{0 + 0 + 0,4} = 5,4.$$

Показатель летучести F принят равным нулю, так как температура кипения выше 80 °С.  
Находим суммарный индекс опасности по двум ведущим компонентам, так как  $2K_1 > K_2$ ,

$$K_{\Sigma} = \frac{5,4 + 8,6}{2^2} = 3,5.$$

Вывод: согласно табл. 4.3 отход, содержащий 25 % нитробензола и 40 % трихлорбензола, относится к 3-му классу опасности.

## Библиографический список

1. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грановский Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. М.: Наука. 1976. 279 с.
2. Наумов В.В. Статические методы описания химических и металлургических процессов. М.: Металлургия, 1963. 342 с.
3. Попова Л.А. Автотранспорт продолжает загрязнять окружающую среду // Экология и промышленность России. 2000. № 7.
4. Бобович Б.Б., Девяткин В.В. Переработка отходов производства и потребления. – М.: Интермет Инжиниринг, 2000.
5. Инженерная защита окружающей среды. Под общей редакцией Ю.А. Бирмана, Н.Г. Вурдовой: -М.: изд-во АСВ, 2002 – 296 стр. с иллюстрациями.
6. Инженерная экология: Лабораторный практикум / М.Ш. Баркан, В.А. Белов, А.Г. Губенко, Е.И. Домпальм, А.А. Маковский, М.А. Пашкевич, В.А. Холоднякова, В.Ф. Шуйский; Санкт-Петербургский государственный горный институт (технический университет). СПб, 2007. 88 с.
7. Промышленная экология : учебник для высших учебных заведений Министерства образования и науки Российской Федерации / под общ. ред. В.В. Гутенев. – 2-е изд. доп. - М. – Волгоград : ПринТерра-Дизайн, 2013. – 460 с.
8. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий.

План выпуска учеб.-метод. документ. 2014 г., поз. 60

Публикуется в авторской редакции

Подписано в свет 11.11.2014.

Гарнитура «Таймс». Уч.-изд. л. 0,8. Объем данных 279 Кбайт.

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования  
«Волгоградский государственный архитектурно-строительный университет»  
400074, Волгоград, ул. Академическая, 1  
<http://www.vgasu.ru>, [info@vgasu.ru](mailto:info@vgasu.ru)