

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА № 1

### РАСЧЕТ РАССЕЙВАНИЯ ВРЕДНОГО ВЕЩЕСТВА ОТ ОДИНОЧНОГО ТОЧЕЧНОГО ИСТОЧНИКА

#### 1.1 Цель работы

Целью работы является определение значения **максимальной приземной концентрации** в атмосфере вредного вещества, выбрасываемого одиночным точечным источником и установления вида норматива выброса: **предельно-допустимый выброс (ПДВ)** или **временно-согласованный выброс (ВСВ)**.

#### 1.2 Термины и определения

**Приземная концентрация загрязняющего вещества, мг/м<sup>3</sup>** – это количество загрязняющего вещества, находящееся в 1 м<sup>3</sup> воздуха в приземном слое атмосферы.

**Приземный слой** атмосферы находится на высоте до 2 м от поверхности земли.

**Предельно-допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>** – это количество загрязняющего вещества, находящееся в 1 м<sup>3</sup> воздуха, которое не оказывает какого-либо отрицательного влияния на организм при неограниченно долгом воздействии (то есть в течение всей жизни).

**Предельно-допустимый выброс (ПДВ), г/с или т/год** – это масса вредного вещества в отходящих газах, максимально допустимая к выбросу в атмосферный воздух в единицу времени, которая обеспечивает концентрацию вредного вещества в приземном слое, не превышающую ПДК.

**Временно-согласованный выброс (ВСВ), г/с или т/год** – это норматив, который определяет количество загрязняющего вещества, выбрасываемого одиночным точечным источником (трубой) в единицу времени (секунду, год), **временно допустимое** на период проведения природоохранных мероприятий и достижения ПДВ.

**Фоновая концентрация, мг/м<sup>3</sup>** – это концентрация вредного вещества в **приземном слое** атмосферы, которая формируется всеми источниками выбросов, расположенных в данной местности, **за исключением рассматриваемого**.

#### 1.3 Теоретические сведения

Рассмотрим одиночный точечный источник выброса (труба котельной), показанный на рисунке 1. Рисунок 1 - Рассеивание вредного вещества от одиночного точечного источника выброса

$C_{01}, C_{02}, C_{03}$  – профили концентрации по оси факела выброса;

$C'_m, C_m$  – максимальная приземная концентрация вещества без учета и с учетом фоновой, мг/м<sup>3</sup>;

$X_m$  – расстояние от основания трубы, на котором достигается максимальная приземная концентрация;

$L_{C33}$  – граница санитарно-защитной зоны, м;

$M$  – массовый выброс вредного вещества, г/с;

$C_f$  – фоновая концентрация, мг/м<sup>3</sup>;

ПДК – предельно допустимая концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

Ось дымного факела источника ориентирована в направлении ветра, имеющего скорость  $U$ . При этом в вертикальных профилях  $C_{01}, C_{02}, C_{03}$  значения концентраций с удалением от трубы убывают. Так концентрации в профиле  $C_{02}$  меньше, чем в профиле  $C_{01}$ . На расстоянии  $X$  от основания трубы дымный факел касается земли и приземная концентрация вредного вещества по оси начинает увеличиваться от фоновой до максимального, которое достигается на расстоянии  $X_m$  от основания трубы и дальше с увеличением расстояния приземная концентрация уменьшается.

Как известно, для каждого вредного вещества приземная концентрация в атмосферном воздухе населенных мест **не должна превышать ПДК**.

**Основным средством для соблюдения ПДК является установление** нормативов предельно допустимых выбросов (**ПДВ**), устанавливаемых для каждого стационарного источника выбросов. То есть ПДВ устанавливается для того, чтобы обеспечить концентрацию загрязняющего вещества в атмосфере не наносящую вреда человеку.

В тех случаях, когда для действующего источника количество выбросов какого-либо вещества больше чем ПДВ и для его достижения необходимо проведение природоохранных мероприятий (например, установка очистных сооружений), величина выбросов от данного источника характеризуется как временно согласованный выброс (**ВСВ**). При этом имеется в виду, что допустимость такого выброса **согласовывается на ограниченный период времени**.

На рисунке 1 показан случай, когда максимальная приземная концентрация вредного вещества с учетом фоновой  $C_m$  превышает ПДК.

В этом случае выброс вредного вещества  $M$  из источника может рассматриваться как временно

согласованный (ВСВ), т.е. если

$$C_m > \text{ПДК}, \text{ то } M \text{ относится к ВСВ} \quad (2.1)$$

В случае, когда максимальная приземная концентрация вредного вещества равна или меньше ПДК, массовый выброс  $M$  вредного вещества от источника выброса может рассматриваться как предельно допустимый (ПДВ), т.е. если

$$C_m < \text{ПДК}, \text{ то } M \text{ относится к ПДВ} \quad (2.2)$$

#### 1.4 Порядок выполнения расчета

Расчет максимальной приземной концентрации от источника выброса проводится в соответствии с требованиями ОНД-86 “Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий”.

1 Рассчитывается коэффициент  $f$ , определяющий тип источника (холодный или нагретый)

При  $f < 100$  источник считается нагретым,

при  $f > 100$  источник считается холодным.

$$f = \frac{1000 \cdot \omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (4.1)$$

где  $\omega_0$  - скорость выхода газов из трубы, м/с;

$D$  – диаметр трубы, м;

$H$  – высота трубы, м;

$\Delta T$  – разность между температурой выбрасываемых газов и температурой воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

$$\Delta T = T_{\Gamma} - T_{\text{В}}, \quad ^{\circ}\text{C} \quad (4.2)$$

где  $T_{\Gamma}$  – температура газа,  $^{\circ}\text{C}$ ;

$T_{\text{В}}$  – температура воздуха,  $^{\circ}\text{C}$ .

За температуру воздуха принимается среднемаксимальная температура воздуха в наиболее жарком месяце. Значение этой температуры принимается по СНиП РК 2.04-01-2001 “Строительная климатология”.

2 Определяется коэффициент  $V_m$ , по формулам:

для нагретых источников:

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \frac{\Delta T}{H}} \quad (4.3)$$

для холодных источников:

$$V_m = \frac{1,3 \omega_0 D}{H}, \quad (4.4)$$

где  $V_1$  – объемная скорость газов, выходящих из источника,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

Объемная скорость определяется по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0, \quad \text{м}^3/\text{с} \quad (4.5)$$

3 Определяем безразмерный коэффициент  $m$ :

для нагретых источников:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}}, \quad (4.6)$$

для холодных источников:

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad (4.7)$$

4 Определяем безразмерный коэффициент  $n$ , исходя из условий:

$$\text{при } V_m < 0,5 \quad n = 4,4 \cdot V_m, \quad (4.8)$$

$$\text{при } 0,5 \leq V_m < 2 \quad n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13, \quad (4.9)$$

$$\text{при } V_m \geq 2 \quad n = 1 \quad (4.10)$$

5 Максимальная приземная концентрация вредного вещества в зависимости от вида выброса (нагретый или холодный) рассчитываются по формулам:

для нагретых источников:

$$C'_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}, \quad \text{мг/м}^3 \quad (4.11)$$

для холодных источников:

$$C'_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot K}{\sqrt[3]{H^4}}, \text{ мг/м}^3 \quad (4.12)$$

где А – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (для Казахстана А = 200);

М – значение массового выброса вредного вещества, г/с;

F – безразмерный коэффициент, значение которого может быть принято F = 1;

η – коэффициент рельефа, при ровной местности принимается равным 1;

V<sub>1</sub> – объемная скорость выхода газов из источника выброса, м<sup>3</sup>/с;

K – коэффициент, определяемый по формуле:

$$K = \frac{D}{8 \cdot V_1} \quad (4.13)$$

6 Определим максимальную приземную концентрацию с учетом фоновой:

$$C_m = C'_m + C_\phi, \text{ мг/м}^3 \quad (4.14)$$

где C<sub>φ</sub> – фоновая концентрация, мг/м<sup>3</sup>.

7 Полученная максимальная приземная концентрация вредного вещества (C<sub>m</sub>) сравнивается с ПДК и делается **вывод** о том, к какому виду норматива (ПДВ или ВСВ) может быть отнесен выброс данного вещества по условию:

При C<sub>m</sub> > ПДК выброс считается недопустимым и относится к нормативу **ВСВ**.

При C<sub>m</sub> < ПДК выброс считается допустимым и относится к **ПДВ**.

8 В случае, если **выброс относится к нормативу ВСВ**, определяется величина ПДВ по формулам: для нагретых источников:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}, \text{ г/с} \quad (4.15)$$

для холодных источников:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\phi) \cdot H^{4/3}}{A \cdot F \cdot \eta \cdot n \cdot K}, \text{ г/с} \quad (4.16)$$

### 1.5 Пример расчета

Рассчитать максимальную приземную концентрацию ацетона, определить вид норматива выброса.

Характеристика источника выброса вредного вещества:

- 1 высота трубы Н = 30 м;
- 2 диаметр трубы Д = 1 м;
- 3 температура выбрасываемых газов Т<sub>г</sub> = 90<sup>0</sup>С;
- 4 скорость выхода газов из трубы ω<sub>0</sub> = 0,7 м/с.

Характеристика вредного вещества:

- 5 массовый выброс М = 0,3 г/с;
- 6 ПДК = 0,35 мг/м<sup>3</sup>;
- 7 фоновая концентрация в приземном слое C<sub>φ</sub> = 0,1 мг/м<sup>3</sup>;

Принять среднемаксимальную температуру июля в Усть-Каменогорске 24,6<sup>0</sup>С, коэффициент, характеризующий степень стратификации атмосферы для Казахстана А = 200.

Определим коэффициент f по формуле (4.1):

$$f = \frac{1000 \cdot \omega_0^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T} = \frac{1000 \cdot 0,7^2 \cdot 1}{30^2 \cdot (90 - 24,6)} = 0,0083$$

Так как f < 100, то источник является нагретым.

Определим объемную скорость выходящих газов V<sub>1</sub> по формуле (4.5):

$$V_1 = \frac{\pi \cdot D^2}{4} \cdot \omega_0 = \frac{3,14 \cdot 1^2}{4} \cdot 0,7 = 0,55 \text{ м}^3/\text{с}$$

Параметр V<sub>m</sub> определим по формуле (4.3):

$$V_m = 0,65 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \frac{\Delta T}{H}} = 0,65 \cdot \sqrt[3]{0,55 \cdot \frac{65,4}{30}} = 0,69$$

Определим коэффициент m по формуле (4.6):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{f} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,0083} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,0083}} = 1,34$$

Так как  $0,5 < V_m < 2$ , коэффициент  $n$  определим по формуле (4.9):

$$n = 0,532 \cdot V_m^2 - 2,13 \cdot V_m + 3,13 = 0,532 \cdot 0,69^2 - 2,13 \cdot 0,69 + 3,13 = 1,91$$

Так как  $f < 100$ , максимальную приземную концентрацию ацетона определим по формуле (4.12):

$$C'_m = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 0,3 \cdot 1 \cdot 1,335 \cdot 1,91 \cdot 1}{30^2 \cdot \sqrt[3]{0,55 \cdot 65,4}} = 0,052 \text{ мг/м}^3$$

Максимальная приземная концентрация ацетона с учетом фоновой определяется по формуле (4.14):

$$C_m = C'_m + C_\phi = 0,052 + 0,1 = 0,152 \text{ мг/м}^3$$

**Вывод:** Так как максимальная приземная концентрация ( $C_m$ ) ацетона с учетом фоновой меньше ПДК, равной  $0,35 \text{ мг/м}^3$ , данный массовый выброс  $M = 0,3 \text{ г/с}$  может быть отнесен к ПДВ.

### 1.6 Требования к оформлению работы

В тетради студент должен отразить название работы, цель, номер варианта, исходные данные, расчетную часть, анализ полученных результатов, вывод, дату выполнения работы, роспись.

Студент может по своему усмотрению (для облегчения подготовки к защите выполненной работы) в отчет после пункта «Цель работы» выписать необходимые теоретические сведения.

### 1.7 Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение предельно допустимой концентрации (ПДК);
- 2 Дайте определение приземной концентрации;
- 3 До сколько метров от поверхности земли распространяется приземный слой атмосферы?
- 4 Дайте определение фоновой концентрации;
- 5 Дайте определение ПДВ;
- 6 Дайте определение ВСВ;
- 7 В чем измеряется концентрация вредного вещества в атмосфере?
- 8 В чем измеряется предельно допустимый или временно согласованный выброс?
- 9 Что является основным средством для соблюдения ПДК?
- 10 В каком случае устанавливается ВСВ?
- 11 Что происходит с концентрацией загрязняющего вещества по мере удаления от источника выброса?
- 12 От чего зависит и в чем измеряется объемная скорость выхода газа из трубы?
- 13 Если приземная концентрация загрязняющего вещества меньше ПДК к какому виду норматива относится выброс?
- 14 Какая концентрация загрязняющего вещества сравнивается с ПДК для установления вида норматива выброса?
- 15 Для чего устанавливается ПДВ?

### 1.8 Задание и исходные данные

Определить значение максимальной приземной концентрации в атмосфере вредного вещества, выбрасываемого одиночным точечным источником и установить вид норматива выброса: предельно допустимый (ПДВ) или временно согласованный (ВСВ). Исходные данные по вариантам представлены в таблице 1.8.1.

**Исходные данные одинаковые для всех вариантов:**

Температура воздуха  $T_B, ^\circ\text{C} = 24,6$ ;

$F = 1$ ;

$\eta = 1$ .

Таблица 1.8.1 - Варианты заданий

№ варианта	Высота трубы Н, м	Диаметр трубы D, м	Массовый выброс М, г/с	Температура газа Т <sub>г</sub> , °С	Фоновая концентрация С <sub>ф</sub> , мг/м <sup>3</sup>	Скорость выхода газов, W <sub>0</sub> , м/с	Вредное вещество в выбросе	ПДК, мг/м <sup>3</sup>
1	10	1	0,2	50	0,05	1	Ксилол	0,2
2	15	1	0,6	60	0,15	1	Толуол	0,6
3	20	1	0,5	70	0,02	1	Хлор	0,1
4	25	1	0,6	80	0,03	1	Аммиак	0,2
5	40	1	30	100	0,5	0,7	Бензол	1,5
6	40	1	30	100	0,5	0,7	Дихлорэтан	3,0
7	45	1	30	50	0,9	0,7	Окись углерода	6,0
8	50	1	25	80	0,9	0,5	Спирт этиловый	5,0
9	55	1	40	30	0,9	0,5	Спирт метиловый	1,0
10	60	1	2,9	75	0,01	0,5	Фурфурол	0,05
11	60	1	8,5	70	0,005	0,5	Фенол	0,01
12	70	0,5	0,3	75	0,005	1	Сероуглерод	0,01
13	75	0,5	10	75	0,05	1	Уксусная кислота	0,2
14	30	0,5	2,5	75	0,01	1	Диэтиленами н	0,05
15	35	0,5	1,5	80	0,01	1	Акролеин	0,03
16	90	0,4	1	85	0,01	0,7	Анилин	0,05
17	95	0,4	0,2	95	0,002	0,7	Сероводород	0006
18	100	0,4	0,8	100	0,05	0,7	Диоксид азота	0,085
19	20	0,4	0,1	25	0,005	0,7	Тетрапиклин	0,05
20	20	0,3	0,1	25	50,0	0,5	Бутан	200
21	30	0,3	0,5	27	20,0	0,5	Гексан	60
22	45	0,3	0,5	25	30,0	0,6	Пентан	100
23	50	0,2	0,4	29	20,0	0,5	Фреон	100
24	60	0,2	0,3	33	0,9	0,5	Этилен	3
25	24	1	0,6	60	0,15	1	Диоксид серы	0,5

### 1.7 Контрольные вопросы

- 1 Дайте определение предельно допустимой концентрации (ПДК);
- 2 Дайте определение приземной концентрации;
- 3 До сколько метров от поверхности земли распространяется приземный слой атмосферы?
- 4 Дайте определение фоновой концентрации;
- 5 Дайте определение ПДВ;
- 6 Дайте определение ВСВ;
- 7 В чем измеряется концентрация вредного вещества в атмосфере?
- 8 В чем измеряется предельно допустимый или временно согласованный выброс?
- 9 Что является основным средством для соблюдения ПДК?
- 10 В каком случае устанавливается ВСВ?
- 11 Что происходит с концентрацией загрязняющего вещества по мере удаления от источника выброса?
- 12 От чего зависит и в чем измеряется объемная скорость выхода газа из трубы?
- 13 Если приземная концентрация загрязняющего вещества меньше ПДК к какому виду норматива относится выброс?
- 14 Какая концентрация загрязняющего вещества сравнивается с ПДК для установления вида норматива выброса?
- 15 Для чего устанавливается ПДВ?

