

Лабораторная работа № 1

Расчет рассеивания в атмосфере выбросов вредных веществ

Рассеивание выбросов промышленных предприятий, выделяемых различными источниками, происходит под действием потоков воздуха атмосферы, взаимодействующих с выбросами. Турбулизация воздушного потока возникает как в результате его взаимодействия с поверхностью земли и наземных сооружений, так под влиянием теплового взаимодействия в слоях воздуха, имеющих различную температуру.

Расчет рассеивания выброса состоит в определении концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха (C , мг/м^3). Величина максимальной концентрации каждого i -го вредного вещества $C_{m,i}$ в приземном слое атмосферы не должна превышать величины его предельно допустимой концентрации в атмосферном воздухе, т.е. $C_{m,i} \leq \text{ПДК}_i$. Результаты расчетов рассеивания выбросов должны содержать наряду с текстовым графический материал:

1 – схему распространения выбросов от печи (или группы печей) согласно примеру (см. *рис*) ($X_1, \dots, X_n$ – расстояние от источника выброса по длине факела выброса; $Y_1, \dots, Y_n$ – расстояние по нормали к оси факела выброса);

2 – зависимость концентрации пыли C_x от протяженности X "факела";

3 – зависимость концентрации C_y от ширины Y факела выброса.

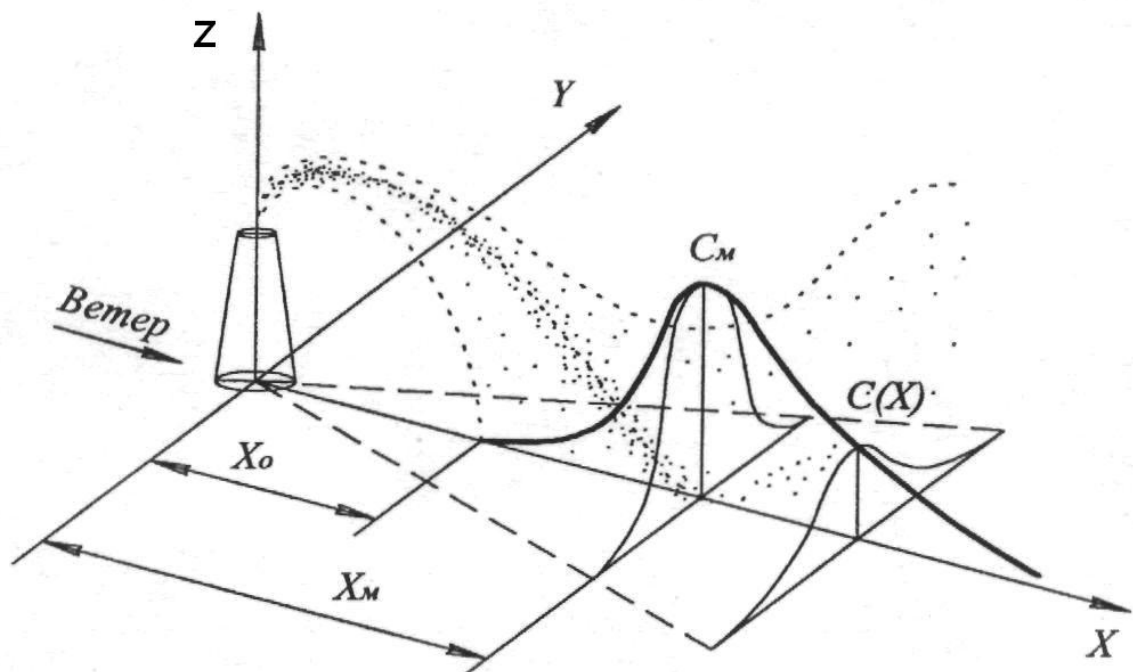


Рис. Схема распределения концентраций примесей в приземном слое

Описание задачи

Рассматривается газопылевой выброс от точечного источника (дымовой трубы, например) с круглым устьем при заданных метеорологических условиях.

Количество пыли, выбрасываемой в атмосферу, г/с

$$M = Z \cdot V_1,$$

где Z – концентрация пыли в газе, г/м³;

V_1 – расход выбрасываемого газа, м³/с.

Величина предельной максимальной приземной концентрации вредных веществ C_m при выбросе нагретой газовой пыльной смеси на расстоянии X_m от источника выброса определяется из выражения

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

где A – коэффициент теплового рассеивания (для центральной зоны РФ $A = 120$);

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных выбросов в атмосферном воздухе (для вредных и мелкодисперсных аэрозолей $F = 1$, для пыли и золы $F = 2$ ($\eta \geq 90\%$), $F = 2,5$ ($\eta = 75...90\%$), $F = 3$ ($\eta < 75\%$);

η – коэффициент эффективности газоочистной установки;

V_1 – объем газовой пыльной смеси, м³/с, выбрасываемой в атмосферу при средней скорости в устье ω_0 , м/с, и при диаметре устья дымовой трубы D , м, т.е.

$$V_1 = (\pi D^2 / 4) \times \omega_0;$$

m – безразмерный коэффициент, учитывающий условия выхода выброса из устья источника;

$$m = (0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt{f})^{-1},$$

$$\text{где } f = \frac{D \cdot \omega_0^2 \cdot 10^3}{H^2 \cdot \Delta t};$$

n – коэффициент, учитывающий условия выхода из устья источника данного выброса, определяемый в зависимости от параметра

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \cdot \Delta t}{H}}; \quad n = 3 \text{ при } V_m \leq 0,3,$$

$$n = 3 - \sqrt{(V_m - 0,3)(4,36 - V_m)} \text{ при } 0,3 < V_m \leq 2, \quad n = 1 \text{ при } V_m > 2;$$

H – высота источника выброса над уровнем земли, м;

Δt – разность между температурой выбрасываемого газа t_r и температурой окружающего воздуха t_e в наиболее жаркий месяц года в данном районе, °С.

Максимальная приземная концентрация выброса вредных веществ при неблагоприятных метеорологических условиях (C_m) достигается на оси факела выброса по направлению "среднего" ветра за рассматриваемый период на расстоянии X_m от источника, которое равно, м, при $F < 2$

$$X_m = H \cdot d, \quad (1.2)$$

а при $F \geq 2$

$$X_m = H \cdot d \cdot \frac{5-F}{4}, \quad (1.3)$$

где $d = 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f})$ при $V_m \leq 2$,

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

Максимум приземной концентрации вредных выбросов при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра, отличающейся от скорости ветра на оси факела, равен, мг/м^3 ,

$$C_{m,v} = r \cdot C_m, \quad (1.4)$$

где

$$r = 0,67 \left(\frac{v}{v_m} \right) + 1,67 \left(\frac{v}{v_m} \right)^2 - 1,34 \left(\frac{v}{v_m} \right)^3 \text{ при } \frac{v}{v_m} \leq 1, \quad (1.5)$$

$$r = \frac{3(v/v_m)}{2(v/v_m)^2 - (v/v_m) + 2} \text{ при } \frac{v}{v_m} > 1, \quad (1.6)$$

где v – действительная "средняя" скорость ветра, м/с ;

v_m – опасная скорость ветра у устья источника выброса, м/с .

Величина v_m на уровне устья трубы, при которой приземные концентрации достигают максимума, зависит от величины V_m , т.е.

$v_m = V_m (1 + 0,12 \sqrt{f})$ при $V_m > 2$;

$v_m = V_m$ при $0,5 < V_m \leq 2$;

$v_m = 0,5 V_m$ при $V_m \leq 0,5$.

Расстояние $X_{m,v}$, на котором при скорости ветра v_m и неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных выбросов $C_{m,v}$ достигает максимального значения, равно

$$X_{m,v} = p \cdot X_m, \quad (1.7)$$

где $p = 3$ при $v/v_m \leq 0,25$;

$p = 8,43 \{1 - v/v_m\}^5 + 1$ при $0,25 \leq v/v_m \leq 1$;

$p = 0,32 (v/v_m) + 0,68$ при $v/v_m > 1$.

Величина приземной концентрации вредных выбросов в зависимости от расстояния X по оси факела выброса от источника равна

$$C_x = S_1 \cdot C_m, \quad (1.8)$$

где $S_1 = 3 \left(\frac{X}{X_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{X}{X_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{X}{X_m} \right)^2$ при $\frac{X}{X_m} \leq 1$;

$S_1 = 1,13 / [0,13 \left(\frac{X}{X_m} \right)^2 + 1]$ при $1 < \frac{X}{X_m} \leq 8$;

$S_1 = [0,1 \left(\frac{X}{X_m} \right)^2 + 2,47 \left(\frac{X}{X_m} \right) - 17,8]^{-1}$ при $\frac{X}{X_m} > 8$.

Величина приземной концентрации на расстоянии y в направлении нормали к оси факела

$$C_y = S_2 \cdot C_x, \quad (1.9)$$

где $S_2 = \{[1 + 8,4 \cdot v(\frac{Y}{X})^2] \cdot [1 + 28,2 \cdot v^2(\frac{Y}{X})^4]\}^{-1}$.

Исходные данные для расчета и задачи лабораторного эксперимента

В качестве исходных данных вводятся (в скобках даны значения для контрольного примера):

- высота источника выброса над уровнем земли $H(80)$, м;
- диаметр устья источника выброса $D(6,4)$, м;
- температура выброса на уровне устья $t_r(100)$, °C;
- средняя температура атмосферного воздуха в наиболее жаркий месяц в данном районе $t_e(30)$, °C;
- концентрация вредного вещества в выбросе $Z_o(100)$, мг/м³;
- объем выброса $V_l(198800)$, м³/ч;
- коэффициент температурной стратификации атмосферы $A(160)$, (с^{2/3}·мг.град^{1/3})/год;
- коэффициент эффективности очистки выброса от вредных веществ $\eta(75)$, %;
- расстояние от источника выброса по оси факела $X(i)$ (1000, 3000, 5000, 10000, 15000), м;
- признак вида вредного выброса $E(0)$; $E=0$ для пыли, $E=1$ для аэрозоля;
- скорость ветра $v(j)$ (1, 2, 4, 6), м/с;

Результаты расчета контрольного примера приведены ниже.

Промежуточные данные расчетов: $F = 2,5$; $V_l = 333$ м³/с; $\omega_0 = 10,356$ м/с; $M = 33,3$ г/с.

Определяющие параметры

<i>Расстояние по оси факела X_m, м</i>	<i>Максимальная приземная концентрация C_m, г/м³</i>	<i>Опасная скорость ветра v_m, м/с</i>
768,68	0,073	4,94

Максимальная приземная концентрация выброса на оси факела

<i>Заданная скорость ветра v, м/с</i>	<i>Расстояние по оси факела X_{mv}, м</i>	<i>Приземная концентрация C_{mv}, мг/м³</i>
1	2306,6	0,014
2	1255,9	0,033
4	770,5	0,068
6	821,1	0,072

В лабораторной работе студентам могут быть предложены следующие задачи (в зависимости от объема лабораторного практикума):

1. Оценка влияния скорости ветра на концентрацию примесей в приземном слое и определение опасной скорости ветра. Построение и анализ графика распределения концентраций загрязняющих веществ в направлении оси распространения ветра.

2. Расчет поля концентрации примесей в приземном слое в направлении оси, перпендикулярной направлению ветра (оси Y) на различных расстояниях от источника. Построение и анализ полученных графических зависимостей.

3. Расчет норматива предельного допустимого выброса вредных веществ.

4. Построение поля приземных концентраций загрязняющих веществ на заданном элементе площади земной поверхности.

5. Исследование влияния различных параметров источника выбросов на приземные концентрации.

Результаты расчета контрольного примера

По результатам расчета пользователем программного продукта может быть сформирован отчет и экспортирован в форматы .xls либо .pdf. Пример расчета контрольного примера приведен ниже:

Расчет рассеивания выбросов в атмосферу	
Исходные данные	
Высота источника выброса, м	120
Диаметр устья источника выброса, м	3
Температура выброса, °C	160
Средняя температура в самый жаркий месяц, °C	30
Концентрация вредного выброса на уровне выброса, мг/м ³	5000
Объем выброса, м ³ /с	40
Коэффициент эффективности очистки, %	92
Расстояние от источника выброса по оси факела, м	1000
	3000
	5000
	10000
	15000
Расстояние от источника выброса по нормали к выбросу, м	0
	100

		200
		300
		500
Скорость ветра, м/с		1
		2
		4
		6
	Результаты расчета	
Расстояние от источника по оси факела, м		1050,972
Максимальная предельная концентрация, мг/м ³		0,31323
Опасная скорость ветра, м/с		2,345
Расстояние по оси факела в зависимости от скорости ветра, м		1601
		1052
		1288
		1575
Приземная концентрация в зависимости от ветра, мг/м ³		0,152
		0,299
		0,262
		0,192
		0,192

Исходные варианты для расчета:

Вариант	H, м	D, м	t _г , °C	t _в , °C	V ₁ , м ³ /с	η, %	U ₁ , м/с	U ₂ , м/с
1	80	4,2	130	20	27,7	64	1	6
2	90	4,4	100	18	30	78	7	3
3	100	4,8	110	34	25	86	2	9
4	120	5,4	90	40	33,3	91	3	6
5	140	5,6	80	30	35	86	4	10
6	160	5,8	80	25	24	90	2	9
7	180	6,2	90	21	25,1	80	5	11
8	200	6,6	60	20	32,8	77	1	7
9	190	6,5	75	33	36,6	69	2	8
10	170	6,4	110	40	34,7	79	3	12
11	150	6,9	100	27	42,7	89	4	9
12	130	7,2	95	22	28,2	92	3	7
13	110	7	84	20	53,3	51	1	5
14	95	6,9	112	26	61,8	70	3	11

15	85	6,6	134	32	57,6	59	2	8
16	75	6,8	106	30	58,8	63	1	5
17	105	6,4	94	24	54	80	4	9
18	115	6,5	88	20	51,3	88	3	7
19	125	7,0	72	19	55	92	1	9
20	135	7,2	91	30	61,5	96	2	6