

2.2. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами одиночного точечного источника

2.2.1. Расчет загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха для нагретых источников

Рассматривается одиночный точечный источник (заводская труба) с круглым устьем, выбрасывающий нагретую газовоздушную смесь, содержащую вредные примеси (рис. 2.2). При неблагоприятных метеорологических условиях на некотором расстоянии X_M (м) от источника достигается максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_M (мг/м³), которое определяется по формуле:

$$C_M = \frac{A M F m n \eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (2.2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы (табл. 2.4);

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

F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания

вредных веществ в атмосферном воздухе:

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

б) для мелкодисперсных аэрозолей, кроме указанных выше, при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % – $F = 2$; от 75 до 90 % – $F = 2,5$; менее 75 % и при отсутствии очистки – $F = 3$;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовойоздушной смеси из устья источника выброса;

H – высота источника выброса над уровнем земли, м (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м);

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности. В случае ровной или слабопересеченной местности, если в радиусе 50 высот труб H от источника перепад отметок местности не превышает 50 м на 1 км (уклон менее 0,05), $\eta = 1$. В других случаях величину η определяют, исходя из анализа картографического материала;

ΔT – разность между температурой выбрасываемой газовойоздушной смеси T_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_0 , °C; $T = 180$ C

V_1 – расход газовойоздушной смеси, м³/с, определяемый по формуле:

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (2.3)$$

где D – диаметр устья источника выброса, м;

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

Таблица 2.4

Значение коэффициента A [1]

Территория	Коэффициент A
Бурятия и Читинская обл.	250
Районы Европейской территории России южнее 50° с. ш., включая Нижнее Поволжье, Кавказ; Азиатская территория России, включая Сибирь и Дальний Восток	200
Районы Европейской территории России и Урал от 50 до 52° с. ш.	180
Районы Европейской территории России и Урал севернее 52° с. ш. за исключением центра Европейской территории России	160
Центр Европейской территории России (Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская, Ивановская области)	140

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, определяется для территории России по таблице 2.4 [1].

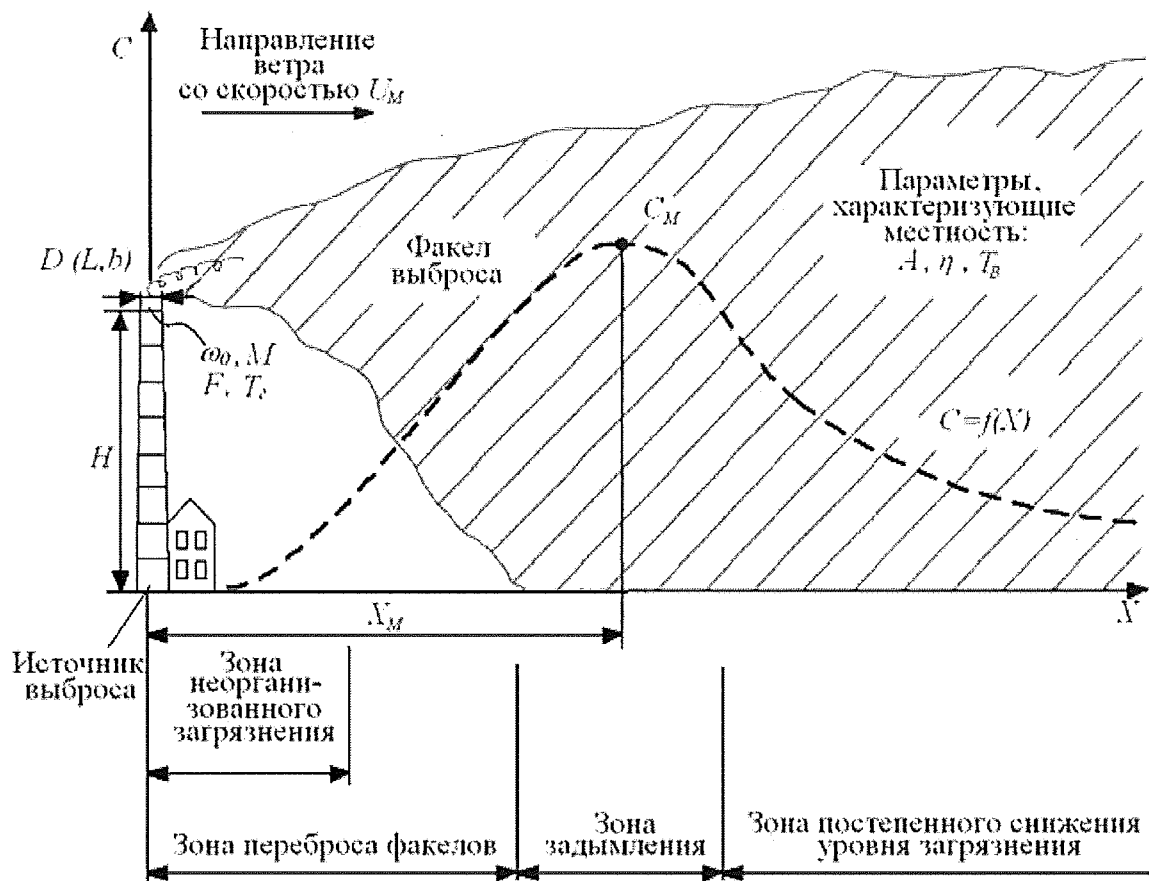


Рис. 2.2. Распределение приземной концентрации загрязняющего вещества в атмосфере на оси факела выброса одиночного точечного источника

При определении значения ΔT ($^{\circ}\text{C}$) следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха T_e ($^{\circ}\text{C}$) равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года. Для котельных, работающих по отопительному графику, допускается при расчетах принимать значения T_e равной средней температуре наружного воздуха за самый холодный месяц. Температура выбрасываемой в атмосферу газозвушной смеси T_e определяется по технологическим расчетам и действующим для данного производства нормативам.

Величину безразмерного коэффициента m определяют в зависимости от параметров f и f_e .

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} \quad (2.4)$$

$$f_e = 800 (v'_m)^3 \quad (2.5)$$

При $f < 100$

$$m = \frac{1}{0,67 + 0, \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}. \quad (2.6)$$

$$\text{При } f \geq 100 \quad m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \quad \text{при } f \geq 100. \quad (2.7)$$

$$\text{При } f_e < f < 100 \quad m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f_e} + 0,34\sqrt[3]{f_e}}. \quad (2.8)$$

Величину безразмерного коэффициента n определяют в зависимости от параметра v_m .

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}}. \quad (2.9)$$

При $f < 100$

$$\text{При } v_m \geq 2 \quad n = 1. \quad (2.10)$$

$$\text{При } 0,5 \leq v_m < 2 \quad n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13. \quad (2.11)$$

$$\text{При } v_m < 0,5 \quad n = 4,4 v_m. \quad (2.12)$$

Расстояние X_M (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения C_M , определяется по формуле:

$$X_M = \frac{5 - F}{4} d H, \quad (2.13)$$

где d – безразмерный коэффициент. При $f < 100$ он находится по формулам:

$$d = 2,48 \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e}\right) \quad \text{при } v_m \leq 0,5; \quad (2.14)$$

$$d = 4,95 v_m \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f}\right) \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.15)$$

$$d = 7 \sqrt{v_m} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f}\right) \quad \text{при } v_m > 2. \quad (2.16)$$

Значение опасной скорости ветра 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:

$$u_m = 0,5 \quad \text{при } v_m \leq 0,5; \quad (2.17)$$

$$u_m = v_m \quad \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \quad (2.18)$$

$$u_m = v_m \left(1 + 0,12 \sqrt{f}\right) \quad \text{при } v_m > 2. \quad (2.19)$$

При опасной скорости ветра u_m приземная концентрация вредных веществ C (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях X (м) от источника выброса определяется по формуле:

$$C = S_1 C_M, \quad (2.20)$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения X/X_M и коэффициента F по формулам:

$$S_1 = 3(X/X_M)^4 - 8(X/X_M)^3 + 6(X/X_M)^2 \quad \text{при } X/X_M \leq 1; \quad (2.21)$$

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13(X/X_M)^2 + 1} \quad \text{при } 1 < X/X_M \leq 8; \quad (2.22)$$

$$S_1 = \frac{X/X_M}{3,58(X/X_M)^2 - 35,2(X/X_M) + 120} \quad \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } X/X_M > 8; \quad (2.23)$$

$$S_1 = \frac{1}{0,1(X/X_M)^2 + 2,47(X/X_M) - 17,8} \quad \text{при } F > 1,5 \text{ и } X/X_M > 8. \quad (2.24)$$

Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере C_Y (мг/м³) на расстоянии Y (м) по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по формуле:

$$C_Y = S_2 C, \quad (2.25)$$

где S_2 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра u (м/с) и отношения Y/X по значению аргумента t_Y :

$$t_Y = \frac{u Y^2}{X^2} \quad \text{при } u \leq 5; \quad (2.26)$$

$$t_Y = \frac{5 Y^2}{X^2} \quad \text{при } u > 5; \quad (2.27)$$

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5t_Y + 12,8t_Y^2 + 17t_Y^3 + 45,1t_Y^4)^2}. \quad (2.28)$$

Расчеты загрязнения атмосферы при выбросах газозооушной смеси из источника с *прямоугольным устьем* (шахты) производятся по приведенным выше формулам при средней скорости ω_0 и значениях $D = D_0$ (м) и $V_1 = V_{13}$ (м³/с).

Средняя скорость выхода в атмосферу газозооушной смеси ω_0 (м/с) определяется по формуле:

$$\omega_0 = \frac{V_1}{Lb}, \quad (2.29)$$

где L – длина устья, м;

b – ширина устья, м.

Эффективный диаметр устья $D_{\text{э}}$ (м) определяется по формуле:

$$D_{\text{э}} = \frac{2Lb}{L+b}. \quad (2.30)$$

Эффективный расход выходящей в атмосферу в единицу времени газозооушной смеси V_{13} (м³/с) определяется по формуле:

$$V_{13} = \frac{\pi D_0^2}{4} \omega_0. \quad (2.31)$$

Для источников с *квадратным устьем* ($L = b$) эффективный диаметр $D_{\text{э}}$ равняется длине стороны квадрата. В остальном расчет рассеивания вредных веществ производится как для выбросов из источника с круглым устьем.

Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем определяется по формуле:

$$ПДВ = \frac{(ПДК - C_{\phi}) H^2}{A F m n \eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}, \quad (2.32)$$

где C_{ϕ} – фоновая концентрация вредного вещества, мг/м³.

Значение ПДВ для источника с прямоугольным и квадратным устьем определяется по тем же формулам, но при $D = D_{\text{э}}$ и $V_1 = V_{1\text{э}}$.

Решение обратных задач по определению высоты H при применении высоких (51...500 м) труб, требуемую для данного источника загрязнения атмосферы высоту трубы $H_{\text{тр}}$ (м), легко рассчитать по преобразованной формуле (2.2), введя в нее ограничивающий фактор ПДК данного загрязняющего вещества. В этом случае:

$$H_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{A M F \eta}{ПДК \sqrt[3]{V \Delta T}}}. \quad (2.33)$$

Полученная высота $H_{\text{тр}}$ может быть уточнена с введением в расчеты новых значений m_1 и n_1 , рассчитанных с учетом новой H (т.е. для нового $H_{\text{тр}}$ находят f и v_m , а с их учетом по формулам (2.4)-(2.12) рассчитывают окончательное значение $H_{\text{тр}}^0$):

$$H_{\text{тр}}^0 = H_{\text{тр}} \sqrt{m_1 n_1} \text{ при } m_1 n_1 \neq 1. \quad (2.34)$$

Качество природной среды оценивается путем сравнения максимальных разовых концентраций (C_i) с соответствующими разовыми предельно допустимыми концентрациями вредных веществ ПДК:

$$C_i \leq ПДК \text{ или } \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (2.35)$$

При наличии выбросов нескольких веществ из одного источника, обладающих эффектом суммации, условия санитарных норм будут выполнены, если:

$$\frac{C_1}{ПДК_1} + \frac{C_2}{ПДК_2} + \dots + \frac{C_n}{ПДК_n} \leq 1 \quad \text{или} \quad \sum_{i=1}^K \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1. \quad (2.36)$$

При наличии нескольких источников выбросов, требование к качеству воздуха населенного пункта должно соответствовать следующему условию:

$$C_i + C_{\phi i} \leq ПДК, \quad (2.37)$$

где C_i – фактическая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³;

$C_{\phi i}$ – фоновая концентрация i -го загрязняющего вещества, мг/м³.