

Практическая работа № 2. Расчет рассеивания и нормативов предельно допустимых выбросов вредных веществ в атмосферу

***Цель работы:** Познакомиться с нормированием деятельности промышленных предприятий, связанной с выбросом вредных веществ в атмосферу из стационарных источников (труб). Провести по стандартной методике расчет рассеивания вредного вещества в воздухе, определить значение предельно допустимого выброса (ПДВ) и рассчитать высоту источника выброса, при которой концентрация вещества в воздухе не превышает ПДК.*

Газовые выбросы промышленных предприятий содержат вредные вещества различной степени токсичности. В случае неэффективной работы газоочистного оборудования или его отсутствия эти вещества загрязняют атмосферный воздух и оказывают вредное воздействие на здоровье людей, животных, состояние растительности и окружающей среды в целом.

С целью охраны атмосферного воздуха устанавливаются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ стационарными и передвижными источниками загрязнений, а также нормативы предельно допустимых вредных физических воздействий. Эти нормативы устанавливаются для каждого стационарного источника выбросов или для иного вредного воздействия на атмосферный воздух, а также для каждой модели транспортных или иных передвижных средств и установок.

1. Общие сведения

1.1. Основные положения закона «Об охране атмосферного воздуха»

Основой мероприятий по охране атмосферного воздуха является Федеральный закон «Об охране атмосферного воздуха» от 04.09.99 №96-ФЗ (с изменениями и дополнениями). Настоящий Федеральный закон устанавливает правовые основы охраны атмосферного воздуха и направлен на реализацию конституционных прав граждан на

благоприятную окружающую среду и достоверную информацию о ее состоянии.

Нормативы предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и уровней вредных физических воздействий на него являются едиными для всей территории Российской Федерации.

Нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих атмосферу веществ и предельно допустимых вредных физических воздействий на нее устанавливаются на уровне, при котором выбросы загрязняющих веществ и вредные физические воздействия не приведут к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и предельно допустимых уровней вредных физических воздействий.

Выброс загрязняющих веществ в атмосферу стационарным источником загрязнения допускается в каждом случае на основании разрешения, выдаваемого специально уполномоченным на то государственным органом. В разрешении предусматриваются нормативы предельно допустимых выбросов загрязняющих веществ, а также другие требования, обеспечивающие охрану атмосферного воздуха.

Предприятия, учреждения и организации, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, обязаны проводить организационно-хозяйственные, технические и иные мероприятия для обеспечения выполнения условий и требований, предусмотренных в разрешениях на выброс, принимать меры по снижению выбросов, обеспечивать бесперебойную работу и поддержание в исправном состоянии сооружений и аппаратуры для очистки выбросов и контроля за ними, а также осуществлять постоянный учет количества и состава загрязняющих веществ, выбрасываемых в атмосферу.

Осуществление мероприятий по охране атмосферного воздуха не должно приводить к загрязнению почв, воды и других природных объектов. В случаях нарушения условий и требований,

предусмотренных разрешениями, а также когда возникает угроза здоровью населения, выброс загрязняющих веществ должен быть приостановлен или запрещен по решению органа, осуществляющего государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, вплоть до прекращения деятельности отдельных промышленных установок, цехов, предприятий и учреждений.

При получении предупреждения о возможном повышении концентрации загрязняющих веществ в атмосферном воздухе в связи с ожидаемыми неблагоприятными условиями предприятия, учреждения и организации обязаны проводить специально разработанные по согласованию с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха, мероприятия по снижению выбросов таких веществ в атмосферу.

При размещении, проектировании и вводе в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, при совершенствовании существующих и внедрении новых технологических процессов и оборудования необходимо обеспечивать соблюдение нормативов вредных воздействий на атмосферный воздух. При этом должны предусматриваться утилизация, обезвреживание вредных веществ и отходов. Совокупность выбросов, а также вредных воздействий от проектируемых, действующих и планируемых к строительству в будущем предприятий не должны приводить к превышению нормативов предельно допустимых концентраций загрязняющих веществ в атмосферном воздухе и нормативов предельно допустимых уровней вредных физических воздействий на него.

Запрещается ввод в эксплуатацию новых и реконструированных предприятий, сооружений и других объектов, не удовлетворяющих требованиям по охране атмосферного воздуха. Предприятия, деятельность которых связана с выбросами загрязняющих веществ в атмосферу, независимо от времени ввода их в действие должны быть оснащены сооружениями, оборудованием и аппаратурой для очистки

выбросов в атмосферу и средствами контроля за количеством и составом выбрасываемых загрязняющих веществ.

Добыча полезных ископаемых, взрывные работы, размещение и эксплуатация терриконов, отвалов, свалок должны проводиться с соблюдением правил по предотвращению и сокращению загрязнения атмосферного воздуха способами, согласованными с органами, осуществляющими государственный контроль за охраной атмосферного воздуха.

Размещение в населенных пунктах терриконов, отвалов, складирование промышленных отходов, производственного, бытового мусора и других отходов, являющихся источниками загрязнения атмосферного воздуха пылью, вредными газообразными и дурно пахнущими веществами, запрещается. Сжигание указанных отходов на территории предприятий, учреждений, организаций и населенных пунктов также запрещается, кроме случаев, когда сжигание осуществляется с использованием специальных установок при соблюдении требований по охране атмосферного воздуха.

1.2. Правила установления предельно допустимых выбросов (ПДВ) и временно согласованных (ВСВ) вредных веществ в атмосфере

Предельно допустимый выброс (ПДВ) является научно-техническим нормативом, устанавливаемым для каждого конкретного источника загрязнения атмосферы при условии, что выбросы вредных веществ от него и всей совокупности источников города или другого населенного пункта с учетом их рассеивания и превращения в атмосфере, не создадут приземной концентрации, превышающей установленные нормативы качества окружающей среды. При этом под нормативами качества окружающей среды принимаются предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест (ПДК_{ав}).

В тех случаях, когда на данном предприятии или группе предприятий, расположенных в одном районе, величины ПДВ по причинам объективного характера не могут быть достигнуты в настоящее время, по согласованию с органами Госкомгидромета должно планироваться поэтапное, с указанием продолжительности каждого этапа, снижение выбросов от действующих предприятий до величин, обеспечивающих соблюдение ПДК. При этом величины временно согласованных выбросов (ВСВ) должны устанавливаться с учетом значений величин выбросов, достигнутых предприятиями с наилучшей (в части охраны природной среды) технологией данного производства.

Величины ПДВ и ВСВ устанавливаются для отдельных источников в граммах в секунду и в тоннах в год. В случае невозможности установления для источников ВСВ на уровне передовых производств уполномоченные органы должны предусмотреть в установленном порядке уменьшение объема производства, закрытие или вывод соответствующих предприятий или объектов или изменение их профиля.

Наряду с установлением ПДВ и ВСВ для одиночных источников, в результате суммирования устанавливаются значения ПДВ и ВСВ для предприятий и комплексов в целом. При установлении ПДВ и ВСВ для источников должны учитываться фоновые концентрации загрязнений в атмосферном воздухе, фактически созданные остальными источниками своего и других предприятий города и промышленного района. Фоновые концентрации устанавливаются по данным наблюдений сети Общегосударственной службы контроля за состоянием атмосферы либо определяются расчетным путем.

Величины ПДВ и ВСВ утверждаются в порядке, установленном специально уполномоченными государственными органами. Пересмотр их производится в случае изменения мощности, технологии производства, режима работы предприятия, но не реже одного раза в пять лет.

Величины ПДВ и ВСВ определяются путем расчета загрязнения атмосферы вредными выбросами из отдельного источника или группы источников, определения расчетной концентрации этих загрязнений в приземном слое атмосферы и сопоставления полученных данных с предельно допустимыми концентрациями примесей в атмосферном воздухе населенных пунктов. Результаты проводятся по Методике нормирования промышленных выбросов в атмосферу, разработанной Государственным комитетом по гидрометеорологии и контролю природной среды.

2. Методика расчета предельно допустимого выброса и его рассеивания

2.1. Расчет рассеивания выбросов из одиночного источника

Степень опасности загрязнения приземистого слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ от промышленных предприятий определяется по наибольшей рассчитанной величине приземистой концентрации вредных веществ ($C_{\max}$, мг/м³). Алгоритмом расчета максимальной концентрации являются формулы определения приземной концентрации загрязняющих веществ, описанные в ОНД-86, РД52.04.212-86 «Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий».

Величина $C_{\max}$ определяется на определенном расстоянии от места выброса при наиболее неблагоприятных метеоусловиях. Значение $C_{\max}$ не должно превышать ПДК данного вредного вещества.

Величина $C_{\max}$ для выброса нагретой газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем определяется по формуле

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_i \cdot \Delta T}} \quad (1)$$

Максимальная приземистая концентрация вредных веществ для выброса холодной газовой смеси из одиночного источника с круглым устьем определяется по формуле

$$C_{\max} = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot D \cdot \eta}{8V \cdot i H^{3/4}}, \quad (2)$$

где H – высота источника выбросов над уровнем земли, м;
 ΔT – разность температур между выбрасываемой газовой воздушной смесью и температурой окружающего воздуха;

A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе.

Для России и стран ближнего зарубежья коэффициент A принимается:

- для субтропической зоны Средней Азии (лежащей южнее 40° с.ш.) и Забайкалья (Бурятия и Читинская область) – 250;

- для европейской части России (районы южнее 50° с.ш., районы Нижнего Поволжья, Кавказ), Дальнего Востока, Сибири, стран ближнего зарубежья (Молдова, Казахстан, Киргизия, Таджикистан, Узбекистан) – 200;

- для европейской части России и части Урала в зоне от 50° до 52° с.ш. (за исключением перечисленных выше районов, попадающих в эту зону) – 180;

- для европейской части РФ (за исключением центра) и части Урала севернее 52° с.ш., а также для Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне от 50° до 52° с.ш. – 180; а южнее 50° с.ш. – 200) – 160;

- для центра европейской части России (Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская и Ивановская области) – 140.

Величина M – количество вредных веществ, выбрасываемых в атмосферу (г/с).

Безразмерный коэффициент F , учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе, принимается:

- для газообразных вредных веществ (сернистого газа, сероуглерода и т. п.) и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) $F = 1$;
- для пыли и золы (кроме указанных в предыдущем пункте):
 - если коэффициент очистки газовых выбросов равен не менее 90%, $F = 2$;
 - если коэффициент очистки газовых выбросов равен от 75 до 90%, $F = 2,5$;

- если коэффициент газовых выбросов очистки менее 75%,
 $F = 3,0$.

Вне зависимости от эффективности пылеулавливания значение коэффициента F принимается равным 3, также при расчетах рассеивания пыли в атмосфере для производств, в которых выбросы пыли сопровождаются выделениями водяного пара в количестве, достаточном для того, чтобы в течение года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, а также коагуляция влажных пылевых частиц (например, глиноземное производство).

Безразмерные коэффициенты m и n учитывают условия выхода газовой смеси из устья источника.

Безразмерный коэффициент η учитывает рельеф местности (для ровной и слабопересеченной местности $\eta = 1$).

Коэффициент m определяется в зависимости от величины параметра f [$\text{м}/(\text{с}^2 \cdot ^\circ\text{C})$] по формулам:

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

или

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f \geq 100 \quad (4)$$

$$f = 10^3 \frac{W^2 \cdot D}{H^2 \cdot \Delta T}, \quad (5)$$

где W – средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса, м/с; D – диаметр источника выброса, м.

Выбросы, при которых $f \geq 100$, относятся к **холодным**, а $f < 100$ – к **нагретым**.

Значение параметра f_e для холодных выбросов рассчитывается по формуле

$$f_e = 800(V'_m)^3. \quad (6)$$

Для $f_e < f < 100$ значение коэффициента m вычисляется при $f_e = f$.

В случае прямоугольного или квадратного устья трубы определяют эффективный диаметр устья $D_э$ по формуле

$$D_э = \frac{2LB}{L+B}, \quad (7)$$

L – длина устья, м; B – ширина устья, м; для источника с квадратным устьем $L = B$.

Объем газовой смеси V_i (м/с) определяется по формуле

$$V_i = \frac{\pi D^2}{4} W. \quad (8)$$

Значение безразмерного коэффициента n определяется в зависимости от значения параметра V_m по формулам:

$$n = 1, \quad \text{при } V_m \geq 2; \quad (9)$$

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13, \quad \text{при } 0,5 \leq V_m < 2; \quad (10)$$

$$n = 4,4 V_m, \quad \text{при } V_m < 0,5. \quad (11)$$

Для холодных выбросов ($f > 100$) n определяется так же, как для нагретых выбросов при $V_m = V'_m$.

Для нагретых выбросов параметр V_m определяется по формуле

$$V_m = 0,65^3 \sqrt{\frac{V_i \cdot \Delta T}{H}}. \quad (12)$$

Для холодных выбросов

$$V'_m = 1,3 \frac{WD}{H}. \quad (13)$$

Расстояние $X_{\max}$ (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация C (мг/м³) при неблагоприятных метеоусловиях достигает максимального значения $C_{\max}$, определяется по формуле

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} dH. \quad (14)$$

Безразмерный коэффициент d находят по формулам:

- при $f < 100$

$$d = 2,48(1 + 0,28^3 \sqrt{f_e}) \quad \text{при } V_m \leq 0,54; \quad (15)$$

$$d = 4,95 V_m (1 + 0,28^3 \sqrt{f_e}) \quad \text{при } 0,5 < V_m \leq 2; \quad (16)$$

$$d = 7 \sqrt{V_m} (1 + 0,28^3 \sqrt{f_e}) \quad \text{при } V_m > 2; \quad (17)$$

- при $f > 100$ или $\Delta T = 0$

$$d = 5,7 \quad \text{при } V'_m \leq 0,5; \quad (18)$$

$$d = 11,4 V'_m, \quad \text{при } 0,5 < V'_m \leq 2; \quad (19)$$

$$d = 16\sqrt{V'_m} \quad \text{при } V'_m > 2. \quad (20)$$

Величины приземных концентраций вредных веществ C в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях от источника выброса определяются по формуле

$$C = S_1 \cdot C_m. \quad (21)$$

Безразмерный коэффициент S_1 определяется в зависимости от отношения $\frac{x}{x_m}$ по формулам:

$$\text{при } \frac{x}{x_m} \leq 1 \quad S_1 = 3\left(\frac{x}{x_m}\right)^4 - 8\left(\frac{x}{x_m}\right)^3 + \left(\frac{x}{x_m}\right)^2; \quad (22)$$

$$\text{при } 1 < \frac{x}{x_m} \leq 8 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1}. \quad (23)$$

При $\frac{x}{x_m} > 8$ и $F = 1$ величина S_1 определяется по формуле

$$S_1 = \frac{\frac{x}{x_m}}{3,58\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 - 3,52\frac{x}{x_m} + 120}, \quad (24)$$

при $\frac{x}{x_m} > 8$ и $F = 2; 2,5$ или 3 величина S_1 определяется по формуле

$$S_1 = \frac{1}{0,1\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 2,47\frac{x}{x_m} - 17,8}. \quad (25)$$

2.2. Определение предельно допустимого выброса

Предельно допустимый выброс (г/с) вредного вещества в атмосферу из одиночного источника, при котором обеспечивается не превышающая ПДК его концентрация в приземистом слое воздуха, определяется по формулам:

- для нагретых выбросов:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_\Phi) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_i \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n}, \quad (26)$$

- для холодных выбросов:

$$\text{ПДВ} = \frac{8(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H \cdot \sqrt[3]{H} \cdot V_i}{A \cdot F \cdot n \cdot \eta \cdot D}. \quad (27)$$

2.3. Определение минимальной высоты одиночного источника выброса

Определение минимальной высоты источника выброса (трубы), при которой обеспечивается не превышающее ПДК значение максимальной приземной концентрации вредного вещества, определяется:

- для холодных выбросов по формуле

$$H = \left(\frac{A \cdot M \cdot F \cdot D}{8 \cdot V_1 \cdot \text{ПДК}} \right)^{3/4}, \quad (28)$$

- для нагретых выбросов по формуле

$$H = \sqrt{\frac{AMF}{\text{ПДК} \cdot \sqrt[3]{V_i \cdot \Delta T}}}. \quad (29)$$

3. Практическая часть

Пример расчета. Выхлопные газы предприятия выбрасывают в атмосферу, где температура воздуха равна $T_{\text{в}} = 21,4$ ($^{\circ}\text{C}$), через N дымовых труб ($N=1$), имеющих высоту $H = 7$ (м) и прямоугольное устье длиной $L = 0,5$ (м) и шириной $B = 0,4$ (м). Температура выбрасываемых газов $T_{\text{г}} = 75$ ($^{\circ}\text{C}$), средняя скорость выхода газовой смеси $W = 14$ (м/с).

Концентрация C (г/м³) выбрасываемых в атмосферу вредных веществ, определенная экспериментально, соответствует: $C(\text{CO}) = 3,630$; $C(\text{NO}_2) = 0,085$; $C(\text{SO}_2) = 0,380$; $C(\text{NH}_3) = 0,2$. Фоновые концентрации по всем выбрасываемым веществам равны нулю.

$N = 1$, $A = 200$, $F = 1$ (для всех вариантов)

Необходимо:

а) определить фактический массовый выброс M вредных веществ по концентрациям C выбрасываемых веществ;

б) рассчитать ПДВ по всем компонентам и сопоставить с фактическим массовым выбросом M соответствующих вредных веществ;

в) обосновать необходимость установки газоулавливающего и газоочистного оборудования.

Решение.

3.1. Определение максимальной приземной концентрации вредного вещества

1. Определяем эффективный диаметр устья трубы по формуле (7):

$$D_{\text{э}} = \frac{2LB}{L+B} = \frac{2 \cdot 0,5 \cdot 0,4}{0,5+0,4} = 0,44 \text{ м}^2.$$

2. Находим эффективный объем выходящих газов по формуле (8):

$$V_i = \frac{\pi D_{\text{э}}^2}{4} W = \frac{3,14 \cdot 0,44^2 \cdot 14}{4} = 2,1 \text{ (м}^3/\text{с)}.$$

3. Определяем f по формуле (5):

$$f = 10^3 \frac{W^2 \cdot D_{\text{э}}}{H^2 \cdot \Delta T} = 10^3 \frac{14^2 \cdot 0,44}{7^2 \cdot 53,6} = 32,84.$$

Поскольку f ($f = 32,84$) < 100 , то дальше расчет проводят по формулам для нагретых выбросов.

4. Определяем коэффициент m по формуле (3):

$$m = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{f}+0,34\sqrt[3]{f}} = \frac{1}{0,67+0,1\sqrt{32,84}+0,34\sqrt[3]{32,84}} = 0,43.$$

5. Параметр V_m определяем по формуле (12):

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_i \cdot \Delta T}{H}} = 0,65 \sqrt[3]{\frac{2,1 \cdot 53,6}{7}} = 1,64.$$

6. Поскольку $0,5 \leq V_m < 2$ ($V_m = 1,64$), то n определяем по формуле (10):

$$n = 0,532 V_m^2 - 2,13 V_m + 3,13 = 0,532 \cdot 1,64^2 - 2,13 \cdot 1,64 + 3,13 = 1,43 - 3,49 + 3,13 = 1,07.$$

7. Определяем количество вредных веществ M (г/с), т.е. фактический массовый выброс:

$$M(\text{CO}) = C(\text{CO}) \cdot V_{\text{э}} = 3,63 \cdot 2,1 = 7,62 \text{ (г/с)};$$

$$M(\text{NO}_2) = C(\text{NO}_2) \cdot V_{\text{э}} = 0,085 \cdot 2,1 = 0,18 \text{ (г/с)};$$

$$M(\text{SO}_2) = C(\text{SO}_2) \cdot V_{\text{э}} = 0,38 \cdot 2,1 = 0,798 \text{ (г/с)};$$

$$M(\text{NH}_3) = C(\text{NH}_3) \cdot V_{\text{э}} = 0,2 \cdot 2,1 = 0,42 \text{ (г/с)}.$$

8. Максимальная приземная концентрация вредного вещества, уравнение (1):

$$C_{\max}(\text{CO}) = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 7,62 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 1,07}{7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}} = 2,822 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max}(\text{NO}_2) = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 0,18 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 1,07}{7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}} = 0,067 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max}(\text{SO}_2) = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 0,798 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 1,07}{7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}} = 0,296 \text{ мг/м}^3;$$

$$C_{\max}(\text{NH}_3) = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n}{H^2 \cdot \sqrt[3]{V_1 \cdot \Delta T}} = \frac{200 \cdot 0,42 \cdot 1 \cdot 0,43 \cdot 1,07}{7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}} = 0,156 \text{ мг/м}^3 .$$

3.2. Определение расстояния от источника выброса (трубы) по оси факела, на котором достигается максимальная приземная концентрация вредного вещества

Находим расстояние $X_{\max}$ по формуле (14):

$$X_{\max} = \frac{5-F}{4} d \cdot H .$$

Поскольку $0,5 \leq V_m < 2$ ($V_m = 1,64$), то «d» вычисляем по формуле (16):

$$\begin{aligned} d &= 4,95 V_m (1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e}) = 4,95 \cdot 1,64 (1 + 0,28 \sqrt[3]{32,84}) = \\ &= 8,1 (1 + 0,9) = 15,39 ; \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} X_{\max}(\text{CO}) &= X_{\max}(\text{NO}_2) = X_{\max}(\text{SO}_2) = X_{\max}(\text{NH}_3) = \frac{5-F}{4} d \cdot H = \\ &= \frac{5-1}{4} 15,39 \cdot 7 = 107,7 \text{ (м)}. \end{aligned}$$

3.3. Определение предельно допустимого выброса вредного вещества в атмосферу из одиночного источника

Проводим расчет ПДВ для всех вредных выбросов по формуле (26):

$$\text{ПДВ}(\text{CO}) = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) \cdot H^2 \cdot \sqrt[3]{V_i \Delta T}}{A \cdot F \cdot m \cdot n} = \frac{(5 - 0) \cdot 7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}}{200 \cdot 1 \cdot 0 \cdot 0,43 \cdot 1,07} = 12,8 \text{ (г/с)};$$

$$\text{ПДВ}(NO_2) = \frac{(0,085 - 0) \cdot 7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}}{200 \cdot 1,0 \cdot 0,43 \cdot 1,07} = 0,22 \text{ (г/с)};$$

$$\text{ПДВ}(SO_2) = \frac{(0,5 - 0) \cdot 7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}}{200 \cdot 1,0 \cdot 0,43 \cdot 1,07} = 1,28 \text{ (г/с)};$$

$$\text{ПДВ}(NH_3) = \frac{(0,2 - 0) \cdot 7^2 \cdot \sqrt[3]{2,1 \cdot 53,6}}{200 \cdot 1,0 \cdot 0,43 \cdot 1,07} = 0,51 \text{ (г/с)}.$$

Массовые выбросы не превышают ПДВ, поэтому нет необходимости устанавливать пылегазоулавливающие аппараты.

3.4. Определение приземных концентраций вредного вещества (CO) на различных расстояниях от источника выбросов в атмосферу

Величины приземных концентраций вредного вещества в атмосфере на различных расстояниях x от источника выбросов, см. уравнение (21):

$$C = S_1 \cdot C_m.$$

Расчет проводится для следующих значений отношения заданного значения расстояния к значению, при котором достигается максимальная приземная концентрация:

$$\frac{x}{x_m} = 0,25; \quad \frac{x}{x_m} = 0,5; \quad \frac{x}{x_m} = 1,5; \quad \frac{x}{x_m} = 3,0; \quad \frac{x}{x_m} = 5,0.$$

В данном примере этим отношениям соответствуют следующие расстояния от источника выбросов: 250, 500, 1500, 3000, 5000 м.

Приземные концентрации для значений отношения

$$\frac{x}{x_m} \leq 1.$$

Зависимость концентрации вредного вещества в приземном слое атмосферы от расстояния от источников выбросов.

Коэффициент S_1 определяем по уравнению (22):

$$\begin{aligned} S_1 &= 3 \left(\frac{x}{x_m} \right)^4 - 8 \left(\frac{x}{x_m} \right)^3 + 6 \left(\frac{x}{x_m} \right)^2 = 3 \cdot 0,25^4 - 8 \cdot 0,25^3 + 6 \cdot 0,25^2 = \\ &= 0,262. \end{aligned}$$

Приземная концентрация определяется по уравнению (21):

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,262 \cdot 2,822 = 0,74 \text{ мг/м}^3,$$

$$\frac{x}{x_m} = 0,5. \quad S_1 = 0,687; \quad C = 1,94 \text{ мг/м}^3.$$

Приземные концентрации для значений отношения:

при $\frac{x}{x_m} > 1$ ($\frac{x}{x_m} = 1,5$), коэффициент S_1 вычисляем по уравнению (23):

$$S_1 = \frac{1,13}{0,13\left(\frac{x}{x_m}\right)^2 + 1} = \frac{1,13}{0,13(1,5)^2 + 1} = 0,874.$$

$$C = S_1 \cdot C_m = 0,874 \cdot 2,822 = 2,47 \text{ мг/м}^3.$$

Аналогично рассчитываются расстояния от источника выбросов и приземные концентрации для других значений $\frac{x}{x_m}$:

$$\frac{x}{x_m} = 3, \quad S_1 = 0,52; \quad C = 1,47 \text{ мг/м}^3.$$

$$\frac{x}{x_m} = 5, \quad S_1 = 0,266; \quad C = 0,75 \text{ мг/м}^3.$$

Зависимость изменения концентрации CO в приземном слое атмосферы на различных расстояниях от источника выбросов атмосферы представлена на рис. 2.

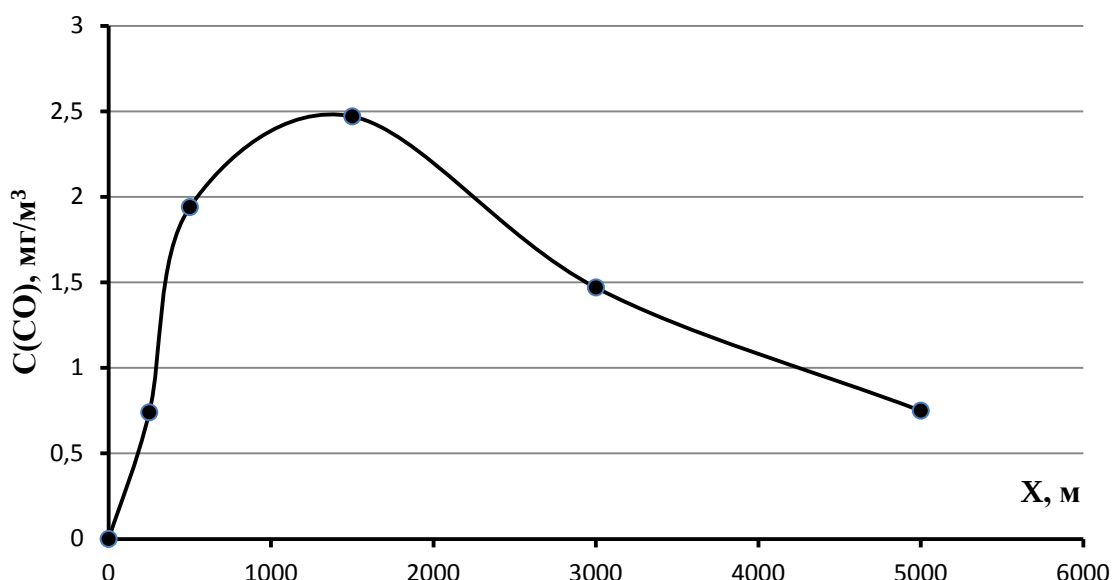


Рис. 2. Зависимость концентрации вредного вещества (CO) в приземном слое атмосферы от расстояния до источника выбросов

4. Задание для самостоятельной работы

Необходимо:

а) определить фактический массовый выброс M вредных веществ по концентрациям C выбрасываемых веществ;

б) рассчитать ПДВ по всем компонентам и сопоставить с фактическим массовым выбросом M соответствующих вредных веществ;

в) обосновать необходимость установки газоулавливающего и газоочистного оборудования;

г) определить приземные концентрации вредного вещества (CO) на различных расстояниях от источника выбросов в атмосферу (трубы). Представить графически изменение концентрации в зависимости от расстояния от источника.

Данные по предприятию для расчета представлены в таблице 5. Фоновые концентрации по всем выбрасываемым веществам равны нулю.

$N = 1$, $A = 200$, $F = 1$ (для всех вариантов).

Таблица 5

Расчет массового выброса вредных веществ в атмосферу и ПДВ

№ варианта	Выброс вредных веществ масса M , г/м ³				H , м	$L \cdot B$	W , м/с	T_r	T_a
	CO	NO_2	SO_2	NH_3					
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
ПДК_{мр}	5	0,085	0,5	0,2					
0	3,63	0,085	0,38	0,2	7	$0,5 \cdot 0,4$	14	75	21,4
1	38,5	0	0,76	0,45	8	$0,6 \cdot 0,5$	15	85	20,5
2	95	0,56	1,2	0	10	$0,6 \cdot 0,5$	12	80	25
3	55,2	0,58	0	2,54	10	$0,5 \cdot 0,5$	15	100	15
4	69	1,24	0,55	0	9	$0,5 \cdot 0,5$	15	105	22
5	55,8	0	0,39	0,32	8	$0,6 \cdot 0,5$	11	86	20
6	78,4	1,26	0	0,59	11	$0,5 \cdot 0,5$	13	140	23
7	2,5	0	5	1,6	8	$0,5 \cdot 0,4$	12	120	22
8	2,9	1,1	2,5	0	9	$0,6 \cdot 0,4$	12	130	25
9	8,83	0,55	2,7	0	12	$0,5 \cdot 0,5$	12	108	21
10	5,66	0	1,16	0,5	15	$0,5 \cdot 0,4$	12	95	20
11	4,38	3,5	0	1,75	8	$0,5 \cdot 0,5$	15	80	22
12	6,6	0	13	5	8	$0,5 \cdot 0,4$	20	90	19
13	5,5	0	12	6	10	$0,5 \cdot 0,5$	20	75	18