

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Емельянов Сергей Геннадьевич
Должность: ректор
Дата подписания: 25.09.2022 16:41:45
Уникальный программный ключ:
9ba7d3e34c012eba476ffd2d064cf2781953be730df2374d16f3c0ce536f0fc6

МИНОБРНАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное
учреждение высшего профессионального образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра охраны труда и окружающей среды



Изучение и расчет параметров загрязнения атмосферы от одиночного источника выбросов

Методические указания к проведению практического занятия
по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды»,
«Экология Курского края», «Источники загрязнения среды
обитания» для студентов всех специальностей и направлений

Курск 2013

УДК 504.3.054

Составители: Е.А. Преликова, В.В. Протасов, А.В. Беседин

Рецензент

Кандидат технических наук, доцент *Г.П. Тимофеев*

Изучение и расчет параметров загрязнения атмосферы от одиночного источника: методические указания к проведению практического занятия по дисциплинам «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Источники загрязнения среды обитания» / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Е.А. Преликова, В.В. Протасов, А.В. Беседин. Курск, 2013. 18 с.; Библиогр.: с. 17.

Содержат теоретические сведения по вопросам загрязнения атмосферы, о процессах рассеивания выбросов. Указывается порядок расчета максимального значения концентрации вредного вещества в атмосфере, расстояния, на котором будет достигнуто максимальное значение концентрации от одиночного источника выбросов, а также распределение концентраций по оси факела и в точках, удаленных от оси.

Предназначены для студентов всех специальностей и направлений, изучающих дисциплины «Экология», «Экология городской среды», «Экология Курского края», «Источники загрязнения среды обитания».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать Формат 60x84 1/16. Бумага офсетная.
Усл. печ. л. 1,05. Уч.-изд.л. 0,95. Тираж 30 экз. Заказ . Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Цель работы: приобретение знаний и навыков по расчету максимального значения концентрации вредного вещества в атмосфере, расстояния, на котором будет достигнуто максимальное значение концентрации от одиночного источника выбросов, а также распределение концентраций по оси факела и в точках, удаленных от оси.

1. Основные положения

Безопасность экологическая – это совокупность состояний, процессов, действий, обеспечивающая экологический баланс в окружающей среде и не приводящая к жизненно важным ущербам (или угрозам возникновения таких ущербов), наносимым природной среде и человеку.

Опасность экологическая – это вероятность ухудшения показателей качества природной среды (состояний, процессов) под влиянием природных и техногенных факторов, представляющих угрозу экосистемам и человеку.

Жизнедеятельность человека неотделима от функционирования окружающей природной среды (ОПС), которую условно можно разделить на четыре сферы: атмо-, гидро-, лито- и биосферу. В соответствии с законом оптимума отклонение значений параметров, характеризующих эти сферы от оптимальных (или нормальных), представляет опасность для жизнедеятельности человека. Изменение параметров ОПС в значительной степени вызвано деятельностью человека в области техносферы, связанной с материальным производством. Величины отклонений параметров среды от оптимальных значений качественно характеризуют степени экологического неблагополучия территорий:

- 1) относительно удовлетворительная (фоновая или условно нормальная для региона);
- 2) напряженная;
- 3) критическая;
- 4) кризисная, или зона чрезвычайной экологической ситуации (ЧЭС);
- 5) катастрофическая, или зона экологического бедствия (ЭБ).

Обеспечение экологической безопасности включает решение следующих проблем:

- нормирования параметров окружающей природной среды (ОПС) и уровней воздействия на нее;

- оценки уровня и допустимости воздействия на ОПС;
- регулирования (снижения) уровня воздействия на ОПС.

2. Загрязнение приземного слоя атмосферного воздуха

2.1. Нормирование загрязнения атмосферы

Загрязнение атмосферы приводит к следующим последствиям:

- превышение ПДК многих токсичных веществ (CO , NO_2 , SO_2 , C_nH_m , бензопирена, свинца, бензола и др.) в городах и населенных пунктах;
- образование смога при интенсивных выбросах NO_x , C_nH_m ;
- выпадение кислотных дождей при интенсивных выбросах SO_x , NO_x ;
- появление парникового эффекта при повышенном содержании CO_2 , NO_x , O_3 , CH_4 , H_2O и пыли в атмосфере и, как следствие, повышение средней температуры поверхности Земли;
- разрушение озонового слоя при поступлении в него NO_x и соединений хлора, что создает опасность повышенного ультрафиолетового облучения.

По степени воздействия на организм человека вредные вещества подразделяют на четыре класса: 1 – чрезвычайно опасные; 2 – высокоопасные; 3 – умеренноопасные и 4 – малоопасные.

Основной характеристикой опасности вредного вещества является его максимальная разовая (усредненная в 20-минутном интервале) предельно допустимая концентрация (ПДК), которая не оказывает на человека или на окружающую среду вредное действие. Кроме разовых ПДК для характеристики опасности используются среднесуточные ПДК_{сс}. Разовые ПДК веществ устанавливаются для предупреждения рефлекторных реакций человека (ощущение запаха, световой чувствительности, изменение биоэлектрической активности головного мозга и др.), а среднесуточные для предупреждения общетоксического, канцерогенного, мутагенного влияния веществ на организм человека.

Степень загрязнения атмосферного воздуха устанавливают по кратности превышения ПДК с учетом класса опасности, суммации

биологического действия загрязнений воздуха и частоты превышения ПДК.

Кратность превышения ПДК K рассчитывается по формуле:

$$K = c_{95}/\text{ПДК}, \quad (1)$$

где c_{95} – значение концентрации, измеренное с уровнем достоверности 95 %.

Степень опасности характеризуется наибольшим значением концентрации вредных веществ, рассчитанных для неблагоприятных метеоусловий, в том числе – опасной скорости ветра, при которой создаются наибольшие концентрации.

Метеоусловия, неблагоприятные для рассеивания выбросов, характеризуются температурами воздуха, которые возрастают с увеличением высоты над поверхностью земли (то есть, инверсией).

Допустимость воздействия оценивается путем сравнения максимальных разовых концентраций с соответствующими разовыми предельно допустимыми концентрациями вредных веществ, ПДК:

$$c + c_{\phi} < \text{ПДК}, \quad (2)$$

где c_{ϕ} – фоновая концентрация того же вещества.

Для вредных веществ, обладающих суммацией вредного действия, допустимость воздействия оценивается по сумме безразмерных концентраций:

$$\frac{c_1 + c_{\phi n}}{\text{ПДК}_1} + \frac{c_2 + c_{\phi n}}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{c_n + c_{\phi n}}{\text{ПДК}_n} \quad (3)$$

ПДК некоторых веществ приведены в таблице 1.

Таблица 1 - Предельно допустимые концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе населенных мест

| Загрязняющее вещество | Класс опасности | ПДК, мг/м ³ | |
|-----------------------|-----------------|------------------------|----------------|
| | | максимальная разовая | среднесуточная |
| Пыль нетоксичная | 3 | 0,5 | 0,15 |
| NO ₂ | 2 | 0,2 | 0,04 |

| | | | |
|-----------------|---|-----|------|
| SO ₂ | 3 | 0,5 | 0,05 |
| CO | 4 | 5,0 | 3,0 |
| Бензин | 4 | 5 | 1,5 |

Воздействие суммируется для веществ, оказывающих аналогичное биологическое действие, например, разрушение живых тканей кислотами. Аналогичное воздействие производят, например, такие вещества, как:

- диоксиды азота и серы, сероводород;
- сильные минеральные кислоты (серная, соляная, азотная);
- этилен, пропилен, бутилен, анилен;
- озон, диоксид азота, формальдегид.

2.2. Процесс рассеивания выбросов

Уменьшить загрязнение атмосферы можно следующими способами:

- совершенствовать процессы, технологии, оборудование для уменьшения массы выбросов;
- выполнять очистку выбросов;
- снижать концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха за счет рассеивания выбросов.

Последний способ наименее эффективен, т.к. вредные вещества в конечном счете неорганизованно попадают в воду, почву и загрязняют их.

Все источники подразделяют на точечные и линейные, затененные и незатененные. *Точечными* считают трубы, шахты, когда их поля рассеивания не накладываются друг на друга на расстоянии двух высот здания с заветренной стороны.

Линейными считаются источники, имеющие значительную протяженность в направлении, перпендикулярном ветру.

Незатененные, или *высокие*, источники располагаются в недеформируемом потоке ветра (в 2,5 раза выше высоты здания $H_{зд}$).

Затененные, или *низкие*, источники расположены в зоне подпора или аэродинамической тени; их высота не превышает $H_{зд}$.

В зависимости от высоты H устья источника над уровнем земной поверхности их подразделяют на следующие классы:

- а) высокие, $H \geq 50$ м;
- б) средней высоты, $H = 10 \dots 50$ м;
- в) низкие, $H = 2 \dots 10$ м;
- г) наземные, $H \leq 2$ м.

На процесс рассеивания вредных выбросов из труб и вентиляционных устройств оказывают влияние: расположение предприятий и источников выбросов (наличие других зданий в зоне рассеивания), характер местности (впадины, возвышения), состояние атмосферы, высота источника и скорость выброса, диаметр устья трубы, физико-химические свойства выбрасываемых веществ (плотность, размер частиц), температура газов и др.

Распространение промышленных выбросов в атмосфере подчиняется законам турбулентной диффузии. Горизонтальное перемещение примесей зависит в основном от скорости ветра, а вертикальное – от температуры и плотности газов, распределения температур по высоте (инверсия $dT_v / dh > 0$, изотермия $dT_v / dh = 0$ и конвекция $dT_v / dh < 0$, где T_v, C – температура воздуха, $h, м$ – высота).

Скорость ветра оказывает неоднозначное влияние на рассеивание вредных веществ. С одной стороны, ее увеличение способствует турбулентному перемешиванию загрязнений с окружающим воздухом и снижению их концентраций. С другой стороны, ветер уменьшает высоту факела над устьем трубы, пригибая его к поверхности земли и способствуя повышению концентраций в приземном слое атмосферы. Скорость ветра, при которой приземные концентрации при прочих равных условиях имеют наибольшие значения, называется опасной скоростью ветра.

Для предотвращения отклонения струи вблизи горловины трубы скорость выбрасываемых газов должна вдвое превышать опасную скорость ветра на уровне горловины трубы.

Характер распределения концентрации вредных веществ в атмосфере под факелом организованного источника показан на рисунке 1.

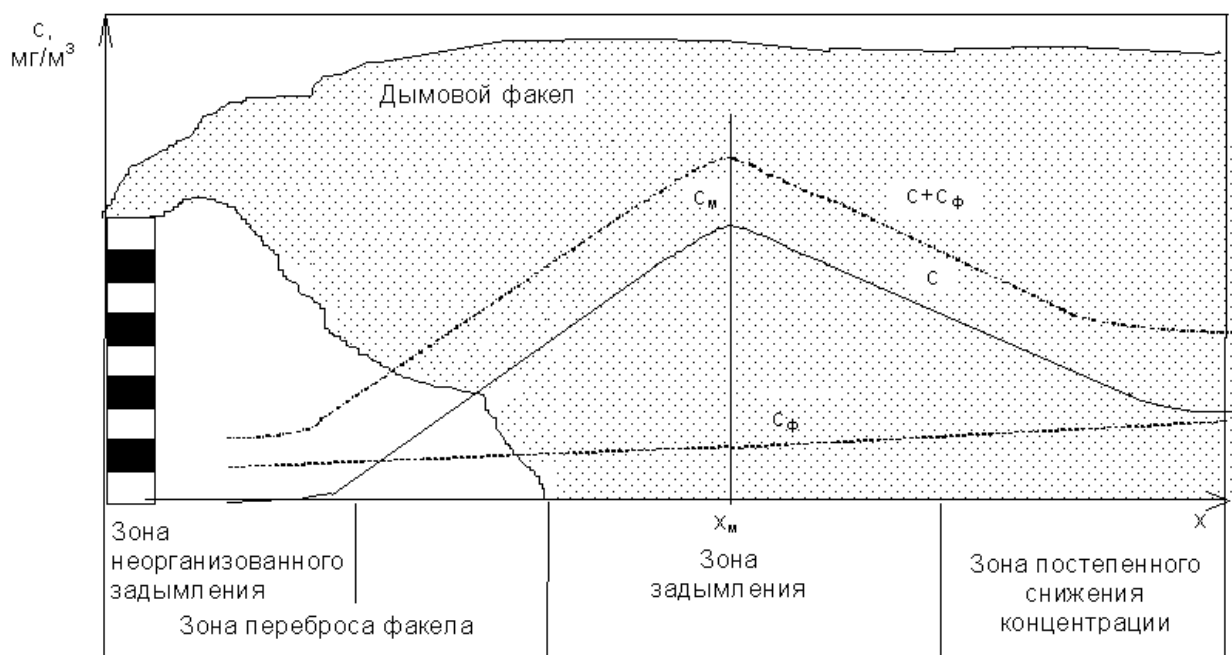


Рисунок 1 - Распределение концентрации вредного вещества в атмосфере от организованного источника выбросов при наличии фонового загрязнения

Пространство под факелом по мере удаления от источника выброса можно условно разделить на три зоны:

- зону переброса факела, характеризующуюся сравнительно невысоким содержанием вредных веществ;
- зону задымления с максимальным содержанием вредных веществ, которая распространяется на расстоянии 10...49 высот трубы (эта зона исключается из селитебной застройки);
- зону постепенного снижения концентрации вредных веществ.

При оценке воздействия на атмосферу в задачах проектирования расчёты проводятся для опасного направления ветра в сторону наибольших фоновых концентраций вредных веществ селитебной территории или на центр города.

Задачи расчета рассеивания можно разделить на две группы:

- прямые, заключающиеся в расчете концентраций веществ в приземном слое атмосферы при различных условиях рассеивания;
- обратные, заключающиеся в определении минимальной высоты источника выбросов или величины предельно допустимых

выбросов, при которых максимальная концентрация загрязнений не превысит заданной величины (ПДК – c_{ϕ}), где c_{ϕ} – фоновая концентрация вещества.

Расчет загрязнения атмосферы выбросами одиночного источника заключается в решении следующих задач:

1. Определение максимального значения концентрации вредного вещества c_m и расстояния по оси факела x_m , на котором будет наблюдаться значение c_m (рисунок 1) при неблагоприятных метеоусловиях.

2. Расчет опасной скорости ветра u_m на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли).

3. Распределение приземных концентраций вредных веществ c при неблагоприятных метеоусловиях и опасной скорости ветра u_m в зависимости от расстояний x и y , где x – расстояние по оси факела x , а y – расстояние по перпендикуляру к оси факела.

Дополнительно можно рассчитать распределение концентраций при произвольных скоростях ветра u , определить скорости ветра, при которых на заданном расстоянии от источника выброса концентрации будут максимальны, а также определить размер зоны рассеивания (зоны влияния).

Методика позволяет рассчитывать загрязнение атмосферы выбросами точечного, линейного, площадного источников, с учетом следующих усложняющих расчет факторов: сложного рельефа или застройки местности, наличия группы источников, суммации действия нескольких вредных веществ, фоновых концентраций, а также определять минимально допустимые высоты источников выбросов и величины предельно допустимых выбросов ПДВ, г/с.

2.3 Расчет максимального значения концентрации вредного вещества в атмосфере c_m и расстояния x_m , на котором будет достигнуто значение c_m при неблагоприятных метеоусловиях от одиночного источника выбросов

Расчет заключается в решении следующей задачи: определение максимального значения концентрации вредного вещества c_m и расстояния x_m , на котором будет достигнуто значение c_m (см. рисунок 1) при неблагоприятных метеоусловиях.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества c_m на расстоянии x_m от источника с круглым отверстием при неблагоприятных метеоусловиях определяется по формуле:

$$\tilde{n}_i = \frac{A \times \dot{I} \times F \times m \times n \times \eta}{H^2 \times \sqrt[3]{V_r \times \Delta T}}, \quad (5)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации (расслоения) атмосферы;

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

F – коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ;

m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газов из устья источника;

η – коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности (при перепаде высот менее 50 м на 1 км длины $\eta = 1$);

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

ΔT – разность температур между температурой выбрасываемых газов T_r и температурой окружающего воздуха T_b , °C, $\Delta T = T_r - T_b$;

V_r – расход газов,

$$V_r = 0,785 \times D^2 \times w_0, \quad (6)$$

где D – диаметр устья источника выбросов, м;

w_0 – средняя скорость выхода газов из устья источника, м/с.

Коэффициент A принимается для неблагоприятных метеоусловий, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна (например, для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Ивановской, Калужской областей $A = 140$).

Величины M , V_r , T_r определяются расчетом в технологической части проекта или по паспорту установки. Для изменяющихся во времени значений M , V_r , T_r принимаются такие их величины (усредненные в 20÷30-минутном), при которых c_m максимально.

Температура воздуха T_b принимается равной средней максимальной температуре наиболее жаркого месяца по СНиП

2.01.01–82 или средней температуре самого холодного месяца для отопительных котельных.

Значение коэффициента F для вредных газообразных веществ принимается равным единице ($F = 1$), а для пыли и золы в зависимости от степени предварительной их очистки μ ($F = 2$ при $\mu > 90$, $F = 2,5$ при $75 < \mu < 90$ и $F = 3$ при $\mu < 75\%$).

Напомним, степенью очистки называют отношение в процентах уловленной массы пыли и золы к поступившей.

Значения коэффициентов m и n определяют в зависимости от параметров f , v_M , v и f_e :

$$f = 1000 \times \frac{w_0^2 \times D}{H^2 \times \Delta T}, \quad (7)$$

$$v_i = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{V_{\tilde{A}} \times \Delta T}{H}}, \quad (8)$$

$$v = 1,3 \times \frac{w_0 \times D}{H}, \quad (9)$$

$$f_e = 800 \times v^3, \quad (10)$$

Коэффициент m ($m = 0,4 \dots 1,6$) определяется в зависимости от f по формуле:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}}, \quad \text{при } f < 100; \quad (11)$$

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

Для $f_e < f < 100$ коэффициент m вычисляется по формуле (10) при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ определяется в зависимости от v_M по формуле:

$$n = 1, \quad \text{при } v_M \geq 2;$$

$$n = 0,532 \times v_i^2 - 2,13 \times v_i + 3,13, \quad \text{при } 0,5 \leq v_M < 2; \quad (12)$$

$$n = 4,4 \times v_i, \quad \text{при } v_M < 0,5.$$

Для $f \geq 100$ (или $\Delta T \approx 0$, холодные выбросы) при расчете c_m вместо формулы (4) используется формула

$$\tilde{n}_i = \frac{\dot{A} \times \dot{I} \times F \times m \times n \times \eta}{H^{4/3}} \times \hat{E}, \quad (13)$$

где

$$\hat{E} = \frac{D}{8 \times V_{\dot{A}}} = \frac{1}{7,1 \times \sqrt{w_0 \times V_{\dot{A}}}}. \quad (14)$$

Значение n рассчитывается по формулам (11) при $v_m = v$.

В случае предельно малых опасных скоростей ветра при $f < 100$ и $v_m < 0,5$ или $f \geq 100$ и $v < 0,5$ расчет c_m выполняется по другой формуле:

$$\tilde{n}_i = \frac{\dot{A} \times \dot{I} \times F \times m \times n \times \eta}{H^{7/3}}, \quad (15)$$

где

$$\begin{aligned} m_H &= 2,86 \times m, & \text{при } f < 100, v_m < 0,5; \\ m_H &= 0,9, & \text{при } f \geq 100, v < 0,5. \end{aligned} \quad (16)$$

Расстояние x_m от источника выбросов, при котором достигается максимальное значение концентрации c_m , определяется по выражению

$$\tilde{\delta}_i = \frac{5-F}{4} \times d \times H, \quad (17)$$

где безразмерный коэффициент d находится по формуле

$$\begin{aligned} d &= 2,48 \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f_e}), & \text{при } v_m \leq 0,5; \\ d &= 4,95 \times v_i (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}), & \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \\ d &= 7 \times \sqrt{v_i} (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{f}), & \text{при } v_m > 2. \end{aligned} \quad (18)$$

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

$$\begin{aligned} d &= 5,7, & \text{при } v \leq 0,5; \\ d &= 11,4 \times v, & \text{при } 0,5 < v \leq 2; \\ d &= 16 \times \sqrt{v}, & \text{при } v > 2 \end{aligned} \quad (19)$$

Значение опасной скорости u_m на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение c_m , в случае $f < 100$ определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 u_m &= 0,5, & \text{при } v_m \leq 0,5; \\
 u_m &= v_m, & \text{при } 0,5 < v_m \leq 2; \\
 u_e &= v_i \times (1 + 0,12\sqrt{f}), & \text{при } v_m > 2.
 \end{aligned}
 \tag{20}$$

При $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$ значение u_m находится по другим выражениям:

$$\begin{aligned}
 u_m &= 0,5, & \text{при } v < 0,5; \\
 u_m &= v, & \text{при } 0,5 \leq v \leq 2; \\
 u_m &= 2,2, & \text{при } v > 2.
 \end{aligned}
 \tag{21}$$

При опасной скорости ветра u_m приземная концентрация вредных веществ C в атмосфере на различных расстояниях x от источника выброса определяется по формуле

$$C = S_1 \times c_m, \tag{22}$$

где S_1 – безразмерный коэффициент, зависящий от $X = x/x_m$ и коэффициента F , определяется по формуле:

$$\begin{aligned}
 S_1 &= 3 \times X^4 - 8 \times X^3 + 6 \times X^2, & \text{при } X \leq 1; \\
 S_1 &= \frac{1,13}{0,13 \times X^2 + 1}, & \text{при } 1 < X \leq 8; \\
 S_1 &= \frac{X}{3,58 \times X^2 - 35,2 \times X + 120}, & \text{при } F \leq 1,5 \text{ и } X > 8; \\
 S_1 &= \frac{X}{0,1 \times X + 2,47 \times X - 17,8}, & \text{при } F > 1,5 \text{ и } X > 8.
 \end{aligned}
 \tag{23}$$

При низких источниках выброса $H \leq 10$ м при $X < 1$ величина S_1 в (18) заменяется на S_1^H , которая рассчитывается по формуле

$$S_1^H = 0,125 \times (10 - H) + 0,125 \times (H - 2) \times S_1, \quad \text{при } 2 \leq H < 10. \tag{24}$$

Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере C_y на расстоянии y по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по концентрации C

$$\tilde{N}_y = S_2 \times C \tag{25}$$

где S_2 – безразмерный коэффициент, зависящий от скорости ветра u , м/с и отношения x/y , определяется по формуле:

$$S_2 = (1 + 5 \times t_y + 12,8 \times t_y^2 + 17 \times t_y^3 + 45,1 \times t_y^4)^{-2}, \quad (26)$$

где

$$\begin{aligned} t_y &= u \times y^2 / x^2, & \text{при } u \leq 5; \\ t_y &= 5 \times y^2 / x^2, & \text{при } u > 5. \end{aligned} \quad (27)$$

3. Примеры решения задач

Задача: Определить максимальное значение концентрации c_m газа SO_2 и расстояние x_m при неблагоприятных метеоусловиях для следующих исходных данных: $A=240$, $V_T=10,8$ м³/с, $\Delta T=100$ °С, $M=12$ г/с, $H=35$ м, $D=1,4$ м, $\eta=1$. Наименования параметров приведены выше.

Решение: Средняя скорость выхода газов из устья истечения выбросов определяется из формулы (6):

$$w_0 = 10,8 / (0,785 \times 1,4^2) = 7,02 \text{ м/с.}$$

Коэффициент F для газовых выбросов равен единице:

$$F = 1.$$

Вспомогательные параметры f , v_m , v , f_e находятся по формулам (7)...(10):

$$f = 1000 \times 7,02^2 \times 1,4 / (35^2 \times 100) = 0,563;$$

$$v_i = 0,65 \times \sqrt[3]{\frac{10,8 \times 100}{35}} = 2,04;$$

$$v = 1,3 \times \frac{7,02 \times 1,4}{35} = 0,365;$$

$$f_e = 800 \times 0,365^3 = 38,8.$$

Коэффициент m рассчитывается по формуле (11) при $f < 100$ и $f < f_e$ ($0,563 < 38,8$):

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \times \sqrt{0,563} + 0,34 \times \sqrt[3]{0,563}} = 0,975.$$

Коэффициент n определится по формуле (12) при $f < 100$:

$$n = 1, \text{ так как } v_m \geq 2.$$

Максимальная концентрация SO_2 в приземном слое воздуха находится по формуле (5):

$$\tilde{n}_i = \frac{240 \times 12 \times 1 \times 0,975 \times 1 \times 1}{35^2 \times \sqrt[3]{10,8 \times 100}} = 0,223 \text{ } \tilde{i} \tilde{a} / \tilde{i}^3 .$$

Безразмерный коэффициент d вычисляется по формуле (18) при $v_M > 2$:

$$d = 7 \times \sqrt{2,04} \times (1 + 0,28 \times \sqrt[3]{0,563}) = 12,3 .$$

Расстояние x_M определим по формуле (17):

$$X_i = \frac{5-1}{4} \times 12,3 \times 35 = 430 \text{ } i .$$

Задача: Определить распределение приземных концентраций C по оси факела при неблагоприятных метеоусловиях и опасной скорости ветра, если $c_M = 0,223 \text{ мг/м}^3$, $x_M = 430 \text{ м}$, $u_M = 2,2 \text{ м/с}$.

Решение: Расчет концентраций на различных расстояниях x выполняется по формуле (22) с учетом (23) при $F < 1,5$. Результаты расчета приведены в таблице 2.

Таблица 2 - Распределение концентрации вредного вещества (SO_2) под осью факела

| Пара-метр | Значение | | | | | | | | | | | | |
|-----------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 2000 | 4300 |
| X | 0,23 | 0,46 | 0,70 | 0,93 | 1,16 | 1,39 | 1,86 | 2,32 | 2,78 | 3,25 | 3,71 | 4,64 | 10 |
| S_1 | 0,232 | 0,632 | 0,913 | 0,999 | 0,962 | 0,903 | 0,780 | 0,665 | 0,563 | 0,476 | 0,405 | 0,297 | 0,081 |
| C | 0,052 | 0,141 | 0,204 | 0,223 | 0,214 | 0,201 | 0,174 | 0,148 | 0,126 | 0,106 | 0,090 | 0,066 | 0,018 |

В качестве примера рассмотрим расчет концентрации для трех точек $x=300$, 1000 и 4300 м , для которых соответственно получим $X=0,7$; $2,32$ и 10 :

$$C = (3 \times 0,7^4 - 8 \times 0,7^3 + 6 \times 0,7^2) \times 0,223 = (0,72 - 2,74 + 2,94) \times 0,223 = 0,204;$$

$$C = 1,13 \times 0,223 / (0,13 \times 2,32^2 + 1) = 0,252 / 1,70 = 0,148;$$

$$C = 10 \times 0,223 / (3,58 \times 100 - 35,2 \times 10 + 120) = 0,018 \text{ мг/м}^3 .$$

Задача: Как распределяются приземные концентрации C в точках, удаленных от оси факела на расстояниях u при условиях, взятых из предыдущего ответа?

Решение: В связи с тем, что расчет выполняется для опасной скорости ветра, $u = u_M = 2,2 \text{ м/с}$.

Определим значение концентрации SO_2 в точке с координатами $[x=1000 \text{ м}, y=100 \text{ м}]$ по формулам (27), (26), (25), учитывая, что $u \leq 5$:

$$t_y = 2,2 \times 100^2 / 1000^2 = 0,022;$$

$$s_2 = 1 / (1 + 5 \times 0,022 + 12,8 \times 0,022^2 + 17 \times 0,022^3 + 45,1 \times 0,022^4)^2 = 0,8;$$

$$c_y = 0,8 \times 0,148 = 0,119 \text{ мг/м}^3.$$

Для других координат значения концентраций приведены в таблице 3, используя которую и расчеты с другими x и y , построено поле концентраций SO_2 (рис. 3).

Таблица 3 - Поле концентрации SO_2 при опасной скорости ветра и неблагоприятных метеоусловиях ($c_y \cdot \times 1000$ или c_y в мкг/м^3)

| y, м | x, м | | | | | | | | | | | | |
|------|------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|------|------|------|------|------|------|
| | 100 | 200 | 300 | 400 | 500 | 600 | 800 | 1000 | 1200 | 1400 | 1600 | 2000 | 4300 |
| 0 | 52 | 141 | 204 | 223 | 214 | 201 | 174 | 148 | 126 | 106 | 90 | 66 | 18 |
| 50 | 0 | 36 | 110 | 158 | 172 | 173 | 160 | 140 | 121 | 103 | 88 | 65 | 18 |
| 100 | 0 | 1 | 18 | 56 | 89 | 109 | 123 | 119 | 108 | 95 | 83 | 63 | 18 |
| 150 | 0 | 0 | 1 | 10 | 30 | 51 | 80 | 90 | 89 | 83 | 74 | 59 | 18 |
| 200 | 0 | 0 | 0 | 1 | 6 | 17 | 44 | 61 | 68 | 68 | 64 | 53 | 17 |
| 250 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 5 | 20 | 37 | 48 | 53 | 53 | 47 | 17 |
| 300 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 8 | 20 | 32 | 39 | 42 | 40 | 16 |
| 350 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 3 | 10 | 19 | 27 | 31 | 34 | 16 |
| 400 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 4 | 11 | 18 | 23 | 27 | 15 |
| 450 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 2 | 6 | 11 | 16 | 22 | 14 |
| 500 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 3 | 6 | 11 | 17 | 13 |

Контрольные вопросы

1. Дайте определения понятиям экологическая опасность, безопасность экологическая
2. Классификация вредных веществ по степени воздействия на организм человека.
3. Процесс рассеивания выбросов.
4. Расчет максимального значения концентрации вредного вещества в атмосфере c_m .
5. Расчет расстояния x_m , на котором будет достигнуто значение c_m при неблагоприятных метеоусловиях от одиночного источника выбросов.

Список рекомендуемой литературы

1. Безопасность жизнедеятельности: в вопросах и ответах, задачах и решениях // Горбунов А.Г., Дьяков В.И., Ларионов В.Н., Попов Г.В., Соколов А.К., Строев В.П., Тихонов А.И., Чернов К.В. – ИГЭУ. – Иваново, 2000. – 404 с.
2. Защита атмосферы от промышленных загрязнений. Справочник. Под ред. С.Калверта и Г.М.Инглунда.- М.: Металлургия, 1988. Ч.1 - 760с.; ч.2 - 712с.
3. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий / ОНД – 86. Госкомгидромет. – Л.: Гидрометеиздат, 1986. – 92 с.
4. Охрана окружающей среды. Учебник под ред. С.В.Белова. М.: Высшая школа, 1991.- 307с.
5. Техника и технология защиты воздушной среды: Учеб. Пособие для вузов / В.В. Юшин, В.М. Попов, П.П. Кукин и др. – М.: Высш. шк., 2005. – 391 с.
6. Экология, охрана природы и экологическая безопасность. Учебное пособие. Под ред. В.И.Данилова-Данильяна.- М.: МНЭПУ, 1997.- 744с.

Приложение

Варианты исходных данных для решения задач

| № варианта | Газ | A | $V_{г,}$ м ³ /с | $\Delta T,$ °C | M, г/с | H, м | D, м | η |
|------------|------------------|-----|-------------------------------|-------------------|-----------|---------|---------|--------|
| 1 | SO ₂ | 240 | 10,5 | 110 | 11 | 35 | 1,4 | 1 |
| 2 | NO ₂ | 250 | 10,7 | 100 | 12 | 34 | 1,5 | 1,5 |
| 3 | H ₂ S | 230 | 10,4 | 120 | 11 | 35 | 1,5 | 1 |
| 4 | HCHO | 240 | 10,9 | 110 | 14 | 36 | 1,6 | 2 |
| 5 | SO ₂ | 220 | 10,4 | 130 | 13 | 38 | 1,3 | 1,5 |
| 6 | NO ₂ | 240 | 10,5 | 140 | 11 | 33 | 1,2 | 1 |
| 7 | H ₂ S | 260 | 10,6 | 100 | 12 | 40 | 1,6 | 1,2 |
| 8 | HCHO | 230 | 10,8 | 110 | 11 | 35 | 1,4 | 1,5 |
| 9 | SO ₂ | 220 | 10,3 | 150 | 16 | 37 | 1,8 | 1 |
| 10 | NO ₂ | 280 | 10,2 | 130 | 13 | 39 | 1,4 | 2 |
| 11 | SO ₂ | 230 | 10,4 | 120 | 15 | 33 | 1,3 | 1,5 |
| 12 | HCHO | 220 | 10,8 | 130 | 11 | 40 | 1,4 | 1 |
| 13 | H ₂ S | 250 | 10,9 | 110 | 16 | 34 | 1,6 | 1,5 |
| 14 | NO ₂ | 240 | 10,6 | 150 | 12 | 38 | 1,5 | 2 |
| 15 | SO ₂ | 250 | 10,5 | 120 | 14 | 35 | 1,3 | 1 |
| 16 | HCHO | 230 | 10,4 | 140 | 13 | 39 | 1,5 | 1,5 |
| 17 | NO ₂ | 260 | 10,4 | 110 | 11 | 36 | 1,2 | 1 |
| 18 | HCHO | 280 | 10,6 | 120 | 12 | 33 | 1,4 | 2 |
| 19 | SO ₂ | 270 | 10,3 | 130 | 16 | 37 | 1,4 | 1 |
| 20 | H ₂ S | 280 | 10,9 | 160 | 14 | 35 | 1,6 | 2 |