

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

Севастопольский национальный
технический университет

**РАСЧЕТ РАССЕЙВАНИЯ
ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ ВЫБРОСОВ
ИЗ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА**

МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ
к выполнению практической работы
по дисциплине «Основы экологии»

для студентов всех специальностей
дневной и заочной форм обучения

Севастополь

2008

УДК 614.7

Расчет рассеивания горячих и холодных выбросов из одиночного источника: Методические указания к выполнению практической работы по дисциплине «Основы экологии» для студентов всех специальностей дневной и заочной форм обучения / Сост. А.Н. Одинцов, А.А. Никитин. – Севастополь: Изд-во СевНТУ, 2008. – 20 с.

Цель методических указаний — закрепление и углубление теоретических знаний общих положений и методики расчета рассеивания горячих и холодных выбросов вредных веществ в атмосфере, содержащихся в выбросах промышленных предприятий студентов всех специальностей СевНТУ.

Методические указания рассмотрены и утверждены на заседании кафедры «Прикладной экологии и охраны труда» СевНТУ, протокол № 8 от 19 февраля 2008 г.

Допущено учебно-методическим центром и НТС СевНТУ в качестве методических указаний.

Рецензент: заведующий кафедрой ПЭОТ, кандидат технических наук, доцент Леонов А.А.

СОДЕРЖАНИЕ

Цель практической работы	3
1. Краткие теоретические сведения	3
2. Порядок расчета рассеивания горячих выбросов из одиночного источника	6
3. Индивидуальное задание по расчету рассеивания горячих выбросов из одиночного источника	13
4. Порядок расчета рассеивания холодных выбросов из одиночного источника	14
5. Индивидуальное задание по расчету рассеивания холодных выбросов из одиночного источника	15
6. Пример оформления практической работы	15
7. Контрольные вопросы	19
Библиографический список	19
Приложение А	20

РАСЧЕТ РАССЕИВАНИЯ ГОРЯЧИХ И ХОЛОДНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

ЦЕЛЬ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ: ознакомиться с общими теоретическими положениями и методикой расчета рассеивания в атмосфере вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий.

1. КРАТКИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ СВЕДЕНИЯ

Окружающий человека атмосферный воздух непрерывно подвергается загрязнению. В воздушную среду промышленных площадок и населенных мест поступают технологические выбросы предприятий, транспортных средств и других источников.

Загрязнением атмосферы называется изменение состава атмосферы в результате наличия в ней примесей. Примесь – рассеянное в атмосфере вещество, не содержащееся в ее постоянном составе.

Для ряда промышленных объектов, и прежде всего для тепловых электростанций и металлургических заводов, достаточно эффективным решением вопросов очистки выбросов в атмосферу остается установка фильтров-уловителей и строительство высоких дымовых труб. У дымовой трубы два основных назначения: первое — создавать тягу для

обеспечения процесса горения; второе — отводить продукты горения, вредные газы и твердые частицы в более высокие слои атмосферы.

Подъем и удержание вредных выбросов в атмосфере обеспечивается за счет архимедовой силы, возникающей из-за разности температур газа и окружающего воздуха, а также увеличения скорости выхода газо-воздушной смеси из устья трубы (при холодных выбросах).

На перемешивание выбросов в атмосферном воздухе и интенсивность рассеивания вредных веществ влияют температура атмосферного воздуха, а также температурная стратификация атмосферы. Температурная стратификация характеризуется величиной температурного градиента — изменением температуры на каждые 100 м подъема, выраженным в градусах [1]. Характерным является снижение температуры воздуха с увеличением высоты.

При некоторых условиях может наблюдаться аномальное изменение температуры по высоте, называемое температурной инверсией. Инверсия температуры атмосферного воздуха может возникнуть, например, в ночное время в результате охлаждения поверхности земли.

Высота подъема газов зависит от турбулентности, возрастающей с увеличением скорости истечения газа из вытяжной трубы, от плотности газа, уменьшающейся с ростом температуры, а также от скорости ветра, уменьшающей действие вертикальной составляющей скорости и эффекта всплывания. Благодаря непрерывному турбулентному движению вредные газы и твердые частицы уносятся далеко от источника их возникновения и рассеиваются.

Высота трубы существенно влияет на длину пути дымовой струи до момента соприкосновения ее с поверхностью земли. При движении, дымовая струя (факел выброса) в соответствии с законами атмосферной диффузии разбавляется воздухом, а сечение ее увеличивается. Чем выше труба, тем больше сечение факела в точке соприкосновения его с землей и тем меньше при прочих равных условиях концентрация вредного вещества в приземном слое воздуха.

При визуальном наблюдении за факелом выброса можно видеть, что струя вначале поднимается вверх, а уже затем под действием ветра разворачивается в горизонтальной плоскости. Форма струи, вытекающей из трубы, в основном зависит от скорости ветра и вертикального температурного градиента. На рисунке 1 приведены некоторые характерные формы и поведение струй дыма при различных условиях вертикальной стабильности [2].

Образование волнообразной струи (рисунок 1(а)) происходит при очень неустойчивом вертикальном температурном градиенте. Эта форма обычно наблюдается днем при хорошей погоде, при сильном нагревании земли солнцем.

Конусообразная форма струи (рисунок 1(б)) встречается при слабом вертикальном градиенте температуры. Эта форма часто наблюдается при облачной и ветреной погоде, особенно во влажном климате.

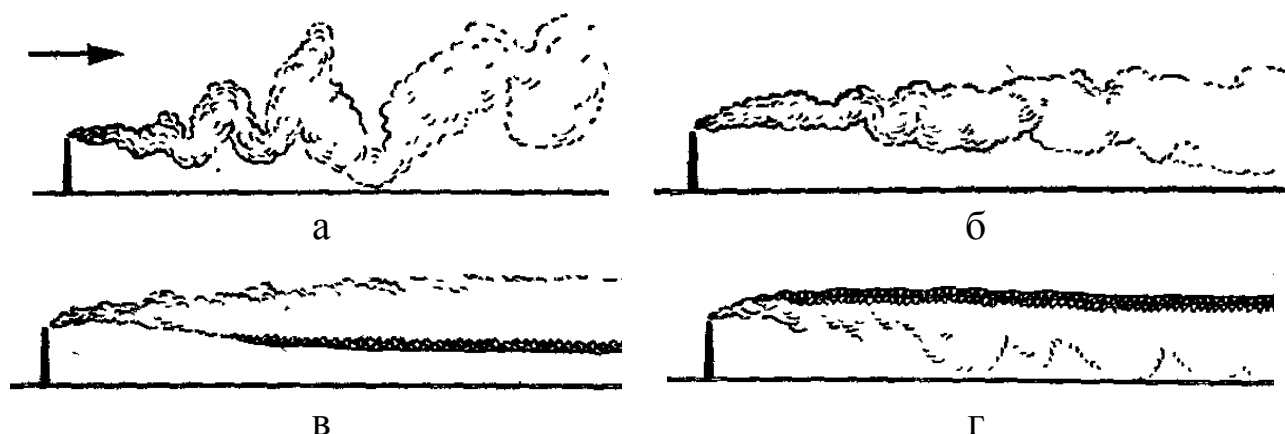


Рисунок 1 – Схематичное изображение форм струй дыма при различных условиях вертикальной стабильности:

а – волнообразная; б – конусообразная;
в – приподнятая; г – задымляющая струя.

Веерообразная форма струи часто наблюдается при снежном покрове, слабом ветре и чистом небе (при температурной инверсии). Ее форма напоминает извивающуюся реку, которая постепенно расширяется с удалением от трубы. Вертикальное рассеяние может изредка наблюдаться при очень низких температурах и отсутствии ветра.

Приподнятая форма струи (рисунок 1(в)), чаще наблюдается ночью и обычно в течение одного – трех часов. Приподнятую форму струи рассматривают как наиболее благоприятную для рассеивания выбрасываемых из трубы веществ.

Наиболее неблагоприятна в гигиеническом отношении задымляющая форма струи (рисунок 1(г)), при которой падение температуры воздуха обычно начинается у земли и распространяется на некоторую высоту (зимой сильнее, летом слабее). В этих условиях выбрасываемые из трубы вещества тепловыми вихрями в большой концентрации приносятся к земле вдоль оси факела выброса.

В ближайшем окружении дымовой трубы создается так называемая «тенивая зона», в которую вредные вещества практически не попадают.

При проектировании новых и изменении технологических процессов на действующих предприятиях, вне зависимости от температуры, характеристики выбросов и наличия очистных устройств должна выполняться оценка возможного загрязнения воздуха вредными веществами.

Настоящие методические указания составлены в соответствии с методикой [3] и позволяют аналитически определять концентрацию вредных веществ в приземном слое воздуха C , (мг/м^3) на различных расстояниях от источника.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ определяется по наибольшему рассчитанному значению приземной концентрации вредных веществ C_M (мг/м^3), которое может устанавливаться на некотором расстоянии от места выброса X_M (м), при сочетании неблагоприятных метеорологических условий.

Под сочетанием неблагоприятных метеорологических условий, в данном случае, понимается: неизменное направлении ветра, высокая температура окружающего воздуха и достижение скорости ветра опасного значения U_M , при которой наблюдается интенсивный вертикальный турбулентный обмен.

Наибольшая концентрация каждого вредного вещества C_M (мг/м^3) в двухметровом приземном слое атмосферы не должна превышать максимальной разовой предельно допустимой концентрации (ПДК).

$$C_M \leq \text{ПДК}_{\text{МР}}. \quad (1)$$

Значения ПДК для большинства известных вредных веществ приведены в [4].

2. ПОРЯДОК РАСЧЕТА РАССЕЙВАНИЯ ГОРЯЧИХ ВЫБРОСОВ ИЗ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

2.1. Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_M (мг/м^3) при выбросе горячей газовой смеси из одиночного источника с круглым сечением (см. рисунок 2), наблюдается на расстоянии X_M (м) от источника при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра U_M (м/с).

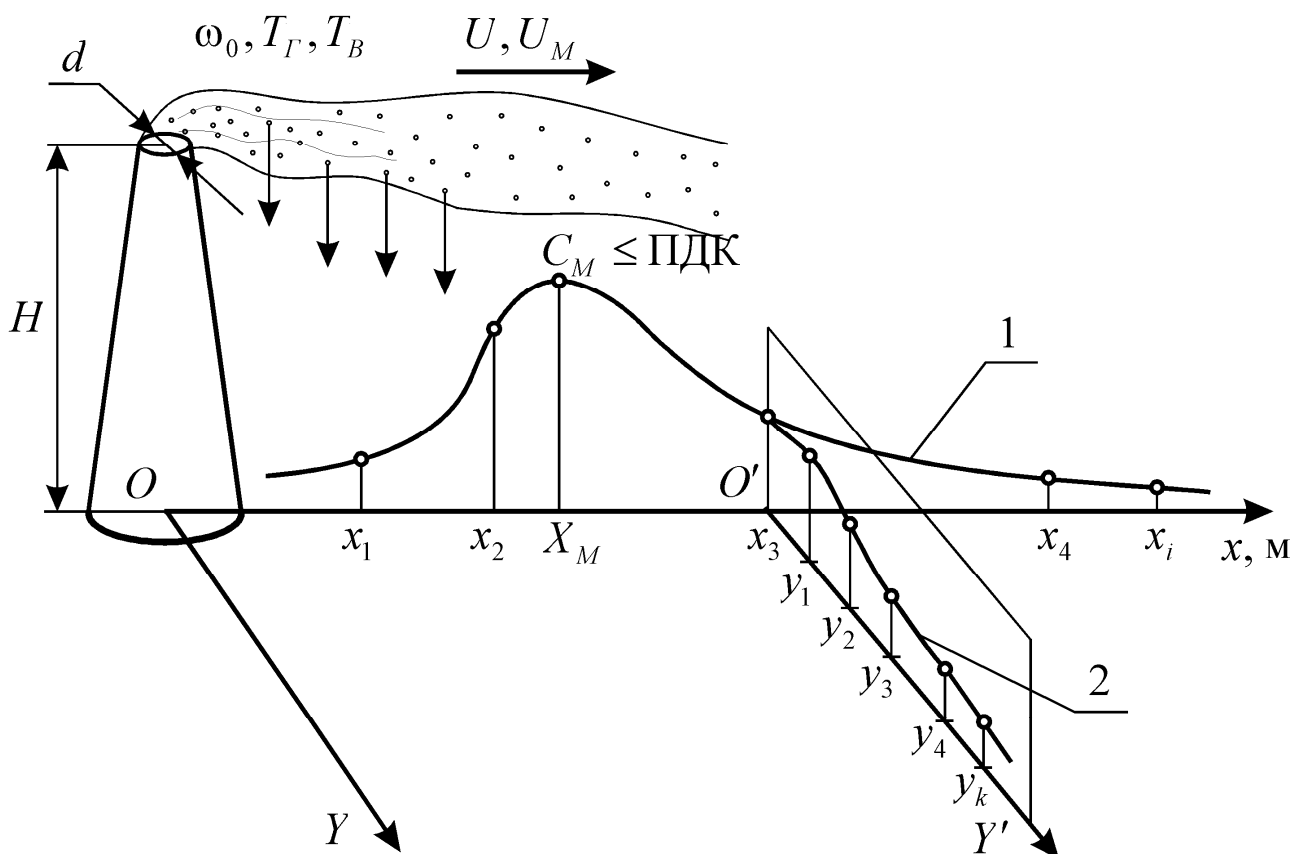


Рисунок 2 – Характер изменения концентрации вредного вещества C (мг/м³) на различных расстояниях от источника:

- (1) – $Cx_i = f(x_i)$, вдоль оси факела выброса (ось OX);
- (2) – $Cy_k = f(y_k)$, перпендикулярно к оси факела (показано изменение концентраций от точки x_3 по оси $O'Y'$).

Для оценки величины C_M используют выражение (2). Предварительно рассчитываются значения безразмерных коэффициентов m и n , учитывающих условия выхода газовой смеси из устья источника выброса, а также объем выброса газовой смеси Q (м³/с)

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot (T_\Gamma - T_B)}}, \quad (2)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе, $[c^{2/3} \cdot \text{мг} \cdot (^\circ\text{C})^{1/3} / \text{г}]$, для Украины $A = 160$, для Крыма $A = 200$;

M – количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с.;

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

а) для газообразных вредных веществ (сернистый газ, диоксид углерода, сероуглерод и т.п.) и мелко дисперсных аэрозолей, $F = 1$;

б) для пыли и золы, если средний эксплуатационный коэффициент очистки равен: более 90 % – $F = 2$; от 75 % до 90 % – $F = 2,5$; менее 75 % – $F = 3$;

η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

H – высота устья источника над уровнем земли, м;

T_{Γ} – температура газовойоздушной смеси, °С, (принимают по действующим для данного производства технологическим нормативам);

T_B – температура окружающего воздуха, °С, (принимают среднюю максимальную температуру наружного воздуха в 13 часов наиболее жаркого месяца).

2.2. Безразмерный коэффициент m , определяется по формуле (3) в зависимости от величины параметра f [м/(с² · °С)], вычисляемого по формуле (4)

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

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot d}{H^2 \cdot (T_{\Gamma} - T_B)}, \quad (4)$$

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

d – диаметр устья источника выброса, м.

2.3. Значение безразмерного коэффициента n принимается по условию (7в) или рассчитывается по формуле (7а) или (7б) в зависимости от объема газовойоздушной смеси Q , (м³/с) и параметра V_M , вычисляемых по формулам (5) и (6)

$$Q = \frac{\pi \cdot d^2}{4} \cdot \omega_0, \quad (5)$$

$$V_M = 0,65 \cdot \sqrt[3]{\frac{Q \cdot (T_\Gamma - T_B)}{H}} \quad (6)$$

$$\text{при } V_M < 0,5, \quad n = 4,4 \cdot V_M; \quad (7a)$$

$$\text{при } 0,5 \leq V_M < 2, \quad n = 0,532 \cdot V_M^2 - 2,13 \cdot V_M + 3,13; \quad (7б)$$

$$\text{при } V_M \geq 2, \quad n = 1. \quad (7в)$$

2.4. Опасная скорость ветра U_M , (м/с) на уровне флюгера (обычно до 10 м от уровня земли), при которой наблюдается интенсивный вертикальный турбулентный обмен и имеет место наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе C_M , принимается по условию (8а) или (8б), либо рассчитывается по формуле (8в) с учетом полученных ранее значений параметров V_M и f

$$\text{при } V_M \leq 0,5, \quad U_M = 0,5; \quad (8a)$$

$$\text{при } 0,5 < V_M \leq 2, \quad U_M = V_M; \quad (8б)$$

$$\text{при } V_M > 2, \quad U_M = V_M \cdot (1 + 0,12 \cdot \sqrt{f}). \quad (8в)$$

2.5. Расстояние X_M (м) вдоль оси факела выброса от источника, на котором при неблагоприятных метеорологических условиях наблюдается максимальная приземная концентрация вредных веществ C_M рассчитывается по формуле (9)

$$X_M = \frac{5 - F}{4} \cdot z \cdot H. \quad (9)$$

Величина z определяется по выражениям (10а – 10в) в зависимости от определенных выше параметров V_M и f .

$$\text{при } V_M \leq 0,5, \quad z = 2,48 \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (10a)$$

$$\text{при } 0,5 < V_M \leq 2, \quad z = 4,95 \cdot V_M \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (10б)$$

$$\text{при } V_M > 2, \quad z = 7 \cdot \sqrt{V_M} \cdot (1 + 0,28 \cdot \sqrt[3]{f}); \quad (10в)$$

2.6. Концентрация вредного вещества Cx_i (мг/м³) на расстоянии x_i (м) от источника на оси факела выброса (ось OX , см. рисунок 2), при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра U_M , определяются по формуле (11)

$$Cx_i = S_{li} \cdot C_M, \quad (11)$$

где S_{li} – безразмерная величина, которая рассчитывается по формулам (12а – 12г) в зависимости от соотношения координат (x_i/X_M) ,

$$\text{при } \left(\frac{x_i}{X_M}\right) \leq 1, \quad S_{li} = 3 \cdot \left(\frac{x_i}{X_M}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x_i}{X_M}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x_i}{X_M}\right)^2; \quad (12a)$$

$$\text{при } 1 < \left(\frac{x_i}{X_M}\right) \leq 8, \quad S_{li} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (x_i/X_M)^2 + 1}; \quad (12б)$$

при $(x_i/X_M) > 8$ и $F \leq 1,5$, величина S_{li} определяется по формуле (12в), а для $F > 1,5$ по формуле (12г)

$$S_{li} = \frac{(x_i/X_M)}{3,58 \cdot (x_i/X_M)^2 - 35,2 \cdot (x_i/X_M) + 120}; \quad (12в)$$

$$S_{li} = \frac{1}{0,1 \cdot (x_i/X_M)^2 + 2,47 \cdot (x_i/X_M) - 17,8}. \quad (12г)$$

2.7. Приземная концентрация вредного вещества в точке Cy_k (мг/м³) при неблагоприятных метеоусловиях и опасной скорости ветра U_M , на расстоянии y_k (м) перпендикулярно к оси факела выброса в точке x_i (см. рисунок 2), определяется по выражению (13)

$$Cy_k = S_{2k} \cdot Cx_i, \quad (13)$$

где S_{2k} – безразмерный коэффициент, определяемый по выражению (15) в зависимости от значения опасной скорости ветра U_M (м/с) и отношения координат (y_k/x_i) . Поскольку в расчетном задании $x_i = x_3$ в формулы (14а – 14б) необходимо

подставлять отношение координат (y_k/x_3) , где значения y_j (м) заданы в индивидуальном задании.

$$\text{при } U_M \leq 5, \quad t_k = U_M \cdot (y_k/x_3)^2; \quad (14a)$$

$$\text{при } U_M > 5, \quad t_k = 5 \cdot (y_k/x_3)^2; \quad (14б)$$

$$S_{2k} = \frac{1}{(1 + 5t_k + 12,8t_k^2 + 17t_k^3 + 45,1t_k^4)^2}. \quad (15)$$

2.8. Максимальная приземная концентрация вредного вещества C_{MU} , при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра U (м/с), отличающейся от опасной скорости ветра U_M , определяется по формуле (16)

$$C_{MU} = r \cdot C_M, \quad (16)$$

где r – безразмерная величина, определяемая по формулам (17a) или (17б) в зависимости от соотношения (U/U_M)

$$\text{при } \left(\frac{U}{U_M}\right) \leq 1, \quad r = 0,67 \cdot \left(\frac{U}{U_M}\right) + 1,67 \cdot \left(\frac{U}{U_M}\right)^2 - 1,34 \cdot \left(\frac{U}{U_M}\right)^3; \quad (17a)$$

$$\text{при } \left(\frac{U}{U_M}\right) > 1, \quad r = \frac{3 \cdot (U/U_M)}{2 \cdot (U/U_M)^2 - (U/U_M) + 2}. \quad (17б)$$

2.9. Расстояние от источника выброса X_{MU} (м), на котором при скорости ветра U достигается максимальное значение приземной концентрации C_{MU} (мг/м³), определяется по выражению (18)

$$X_{MU} = p \cdot X_M, \quad (18)$$

где p – безразмерная величина, определяемая по формулам (19a – 19б) также в зависимости от соотношения (U/U_M)

$$\text{при } \left(\frac{U}{U_M}\right) \leq 0,25, \quad p = 3; \quad (19a)$$

$$\text{при } 0,25 < \left(\frac{U}{U_M}\right) \leq 1, \quad p = 8,43 \cdot \left(1 - \frac{U}{U_M}\right)^5 + 1; \quad (19б)$$

при $\left(\frac{U}{U_M}\right) > 1$, $p = 0,32 \cdot \left(\frac{U}{U_M}\right) + 0,68$. (19в)

2.10. Значения приземных концентраций вредных веществ Cx_{iU} (мг/м³) в атмосфере на оси факела выброса (рисунок 2) при скорости ветра U , на различных расстояниях x_i от источника определяются по формуле (20)

$$Cx_{iU} = S_{liU} \cdot C_{MU}, \quad (20)$$

где S_{liU} – безразмерная величина, определяемая для скорости ветра U по формулам (21а – 21г) в зависимости от соотношения координат x_i/X_{MU}

при $\left(\frac{x_i}{X_{MU}}\right) \leq 1$, $S_{liU} = 3 \cdot \left(\frac{x_i}{X_{MU}}\right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{x_i}{X_{MU}}\right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{x_i}{X_{MU}}\right)^2$; (21а)

при $1 < \left(\frac{x_i}{X_{MU}}\right) \leq 8$, $S_{liU} = \frac{1,13}{0,13 \cdot (x_i/X_{MU})^2 + 1}$; (21б)

при $(x_i/X_{MU}) > 8$ и $F = 1$, величина S_{liU} определяется по формуле (21в), а при $F \geq 2$, по формуле (21г):

$$S_{liU} = \frac{(x_i/X_{MU})}{3,58 \cdot (x_i/X_{MU})^2 - 35,2 \cdot (x_i/X_{MU}) + 120}, \quad (21в)$$

$$S_{liU} = \frac{1}{0,1 \cdot (x_i/X_{MU})^2 + 2,47 \cdot (x_i/X_{MU}) - 17,8}. \quad (21г)$$

2.11. Приземные концентрации вредных веществ Cy_{kU} (мг/м³), при неблагоприятных метеоусловиях и скорости ветра U в атмосфере на расстоянии y_k , перпендикулярно к оси факела выброса в точке x_i (см. рисунок 2) определяются по формуле (22)

$$Cy_{kU} = S_{2kU} \cdot Cx_{3U}, \quad (22)$$

где S_{2kU} – безразмерный коэффициент, определяемый по выражению (24) в зависимости от значения скорости ветра U (м/с) и отношения координат (y_k/x_i) . Как и в пункте 2.7 в соответствии с индивидуальным заданием, в расчетных формулах

(23а – 23в) необходимо использовать соотношение координат (y_k/x_3) .

$$\text{при } U \leq 5, \quad t_{kU} = U \cdot (y_k/x_3)^2; \quad (23a)$$

$$\text{при } U > 5, \quad t_{kU} = 5 \cdot (y_k/x_3)^2; \quad (23б)$$

$$S_{2kU} = \frac{1}{(1 + 5t_{kU} + 12,8t_{kU}^2 + 17t_{kU}^3 + 45,1t_{kU}^4)^2}. \quad (24)$$

3. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ ПО РАСЧЕТУ РАСSEИВАНИЯ ГОРЯЧИХ ВЫБРОСОВ ИЗ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

Используя данные индивидуального задания предложенного преподавателем и методику расчета рассеивания горячих выбросов из одиночного источника, изложенную в п.п. 2.1 – 2.11. необходимо выполнить расчет по п.п. 3.1 и 3.2.

3.1. Для неблагоприятных метеорологических условий и вычисленной опасной скорости ветра U_M необходимо рассчитать:

- значения C_M и X_M ;
- значения приземных концентраций вредных веществ Cx_i на оси факела выброса (ось OX) на расстояниях $(x_1, \dots, x_4)$ от источника.
- изменение приземных концентраций вредных веществ Cy_k в точках $(y_1, \dots, y_4)$, расположенных (на оси $O'Y'$) перпендикулярно к оси факела выброса в точке x_3 (см. рисунок 2).

3.2. Для неблагоприятных метеорологических условий и заданной в индивидуальном задании скорости ветра U отличающейся от U_M необходимо определить:

- значения C_{MU} и X_{MU} ;
- значения приземных концентраций вредных веществ Cx_{iU} вдоль оси факела выброса на расстояниях $(x_1, \dots, x_4)$ от источника;
- значения приземных концентраций вредных веществ Cy_{kU} в точках $(y_1, \dots, y_4)$, расположенных перпендикулярно к оси факела выброса в точке x_3 (ось $O'Y'$ см. рисунок 2).

3.3. Используя полученные в пп. 3.1 и 3.2 значения концентраций вредных веществ в точках $(x_1, \dots, x_4)$ и $(y_1, \dots, y_4)$ построить графики зависимостей:

- $Cx_i = f(x_i)$ – для опасной скорости ветра U_M и $Cx_{iU} = f(x_i)$ – для скорости ветра U , с учетом рассчитанных значений максимальных концентраций C_M и C_{MU} , находящихся на расстояниях X_M и X_{MU} соответственно;
- $Cy_k = f(y_k)$ – для опасной скорости ветра U_M и $Cy_{kU} = f(y_k)$ – для скорости ветра U .

3.4. Сравнить полученное значение C_M со значением ПДК для заданного в индивидуальном задании вещества (соединения).

3.5. Сделать выводы.

4. ПОРЯДОК РАСЧЕТА РАССЕЙВАНИЯ ХОЛОДНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

4.1. Максимальная приземная концентрация вредных веществ C_M (мг/м³) при выбросе холодной газовой смеси ($T_G = T_B$) из одиночного источника с круглым сечением, неблагоприятных метеоусловиях и опасной скорости ветра U_M наблюдается на расстоянии X_M (м) от источника и определяется по формуле (25)

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot n \cdot b}{\sqrt[3]{H^4}}. \quad (25)$$

Параметры A , M , F и H – заданы в индивидуальном задании.

Коэффициент n – определяется по формулам (7а – 7б), (см. раздел 2.3) в зависимости от величины параметра V_M (м/с), вычисляемого по формуле (26)

$$V_M = \frac{1,3 \cdot \omega_0 \cdot d}{H}. \quad (26)$$

Величина b (с/м²), определяется по формуле (27)

$$b = \frac{d}{8Q}. \quad (27)$$

4.2. Опасная скорость ветра U_M (м/с) при холодных выбросах принимается:

при $V_M \leq 2$ – по условию (8а) или (8б), (28а)

а при $V_M > 2$, $U_M = 2,2 \cdot V_M$. (28б)

4.3. Расстояние X_M определяется по формуле (9), при этом безразмерный коэффициент z рассчитывают по формулам (29а) или (29б) в зависимости от рассчитанного выше параметра V_M :

при $V_M \leq 2$, $z = 11,4 \cdot V_M$; (29а)

при $V_M > 2$, $z = 16,1 \cdot \sqrt{V_M}$. (29б)

4.4. Остальные этапы расчета рассеивания вредных веществ для холодных выбросов соответствуют вышеприведенной методике расчета рассеивания для горячих выбросов (см. раздел 2 пп. 2.6 – 2.11).

5. ИНДИВИДУАЛЬНОЕ ЗАДАНИЕ ПО РАСЧЕТУ РАССЕИВАНИЯ ХОЛОДНЫХ ВЫБРОСОВ ИЗ ОДИНОЧНОГО ИСТОЧНИКА

Используя данные индивидуального задания, предложенного преподавателем, и методику расчета, изложенную в пунктах 4.1 – 4.3. и в пунктах 2.6 – 2.11 необходимо:

5.1. Выполнить пункты индивидуального задания 3.1 – 3.5;

5.2. Сделать сравнительный анализ результатов расчета для горячих и холодных выбросов;

5.3. Сделать выводы.

6. ПРИМЕР ОФОРМЛЕНИЯ ПРАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ

Таблица 1 – Значения исходных параметров

№ вар.	A	M , г/с	F	H , м	d , м	ω_0 , м/с	T_G , град	T_B , град	U , м/с
17	200	40	2	25	0,35	8	275	25	10

Таблица 2 – Значения координат расчетных точек x_i и y_k , м

x_1	x_2	x_3	x_4	y_1	y_2	y_3	y_4
25	100	300	1000	10	20	30	50

1.1. Определим параметр f и безразмерный коэффициент m :

$$f = 10^3 \cdot \frac{\omega_0^2 \cdot d}{H^2 \cdot (T_G - T_B)}, \quad f = 10^3 \cdot \frac{8^2 \cdot 0,35}{25^2 \cdot (275 - 25)} = 0,143 \text{ (м/[с}^2 \cdot \text{°C])};$$

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

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \cdot \sqrt{0,143} + 0,34 \cdot \sqrt[3]{0,143}} = 1,13.$$

1.2. Поскольку $V_M = 1,3$ ($0,5 \leq V_M < 2$) значение безразмерного коэффициента n рассчитывается по выражению (7б),

$$n = 0,532 \cdot V_M^2 - 2,13 \cdot V_M + 3,13,$$

$$n = 0,532 \cdot 1,283^2 - 2,13 \cdot 1,283 + 3,13 = 1,273.$$

1.3. Максимальная концентрация загрязняющих веществ в приземном слое воздуха при опасной скорости ветра U_M составит:

$$C_M = \frac{A \cdot M \cdot F \cdot m \cdot n \cdot \eta}{H^2 \cdot \sqrt[3]{Q \cdot (T_G - T_B)}}, \quad C_M = \frac{200 \cdot 40 \cdot 2 \cdot 1,13 \cdot 1,27 \cdot 1}{25^2 \cdot \sqrt[3]{0,77 \cdot (275 - 25)}} = 6,37 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

1.4. Найдем расстояние X_M (м) вдоль оси факела выброса от источника, на котором при неблагоприятных метеорологических условиях будет наблюдаться максимальная приземная концентрация вредных веществ C_M :

$$X_M = (5 - F) \cdot z \cdot H / 4, \quad X_M = (5 - 2) \cdot 7,284 \cdot 25 / 4 = 136,6 \text{ (м)}.$$

1.5. Для определения концентрации вредных веществ $Cx_i = S_{li} \cdot C_M$ (мг/м³) на различных расстояниях x_i (м) от источника необходимо определить значения безразмерных коэффициентов S_{li} .

Так как для $x_1 = 25$ м соотношение координат $x_1 / X_M = 0,18 < 1$ то для определения значения коэффициента S_{11} , используем выражение 12а,

$$S_{11} = 3 \cdot \left(\frac{25}{136,6} \right)^4 - 8 \cdot \left(\frac{25}{136,6} \right)^3 + 6 \cdot \left(\frac{25}{136,6} \right)^2 = 0,155.$$

Соответственно рассчитаем значение приземной концентраций вредного вещества на расстоянии $x_1 = 25$ м от источника при неблагоприятных метеорологических условиях и опасной скорости ветра:

$$Cx_1 = S_{11} \cdot C_M, \quad Cx_1 = 0,155 \cdot 6,37 = 0,99 \text{ (мг/м}^3\text{)}.$$

Сведем полученные значения коэффициентов S_{1i} , S_{1iU} , S_{2k} , S_{2kU} и концентрации вредных веществ Cx_i , Cx_{iU} , Cy_k , Cy_{kU} в таблицы 3, 4.

Таблица 3 – Значения концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха на расстояниях x_i (м) от источника выброса

Рассчитываемые параметры	Значения расстояний x_i , м					
	25	100	137 (X_M)	300	433 (X_{MU})	1000
S_{1i}	0,155	0,939	1	0,694	—	0,142
Cx_i , мг/м ³	0,99	5,98	6,37 (C_M)	4,42	—	0,90
S_{1iU}	0,018	0,23	—	0,91	1	0,668
Cx_{iU} , мг/м ³	0,024	0,296	—	1,172	1,29 (C_{MU})	0,86

Таблица 4 – Значения концентрации вредных веществ на расстояниях y_k (м) перпендикулярно к оси факела выброса X_{MU}

Рассчитываемые параметры	Значения расстояний y_k , м				
	0	10	20	30	50
S_{2k}	1	0,986	0,945	0,879	0,7
Cy_k , мг/м ³	4,42	4,36	4,18	3,89	3,10
S_{2kU}	1	0,946	0,801	0,606	0,249
Cy_{kU} , мг/м ³	1,172	1,11	0,94	0,71	0,29

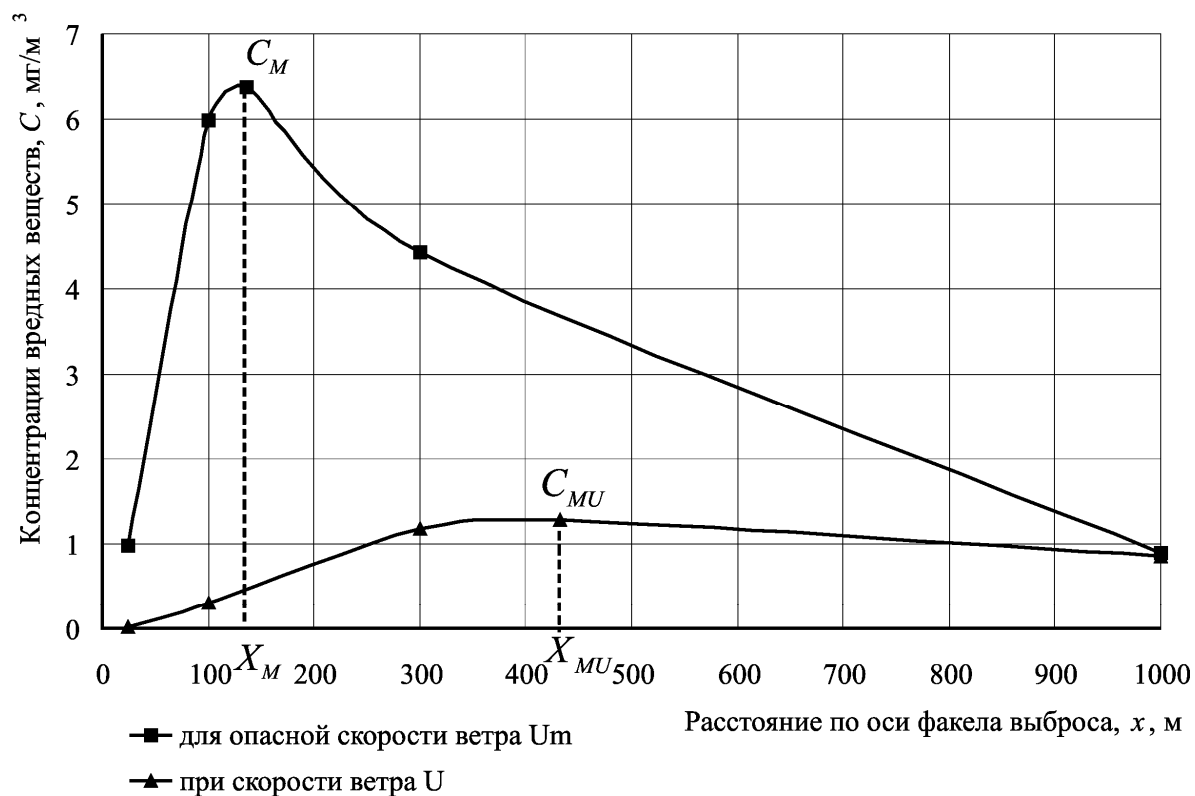


Рисунок 3 – Зависимость изменения концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха на расстоянии x по оси факела выброса

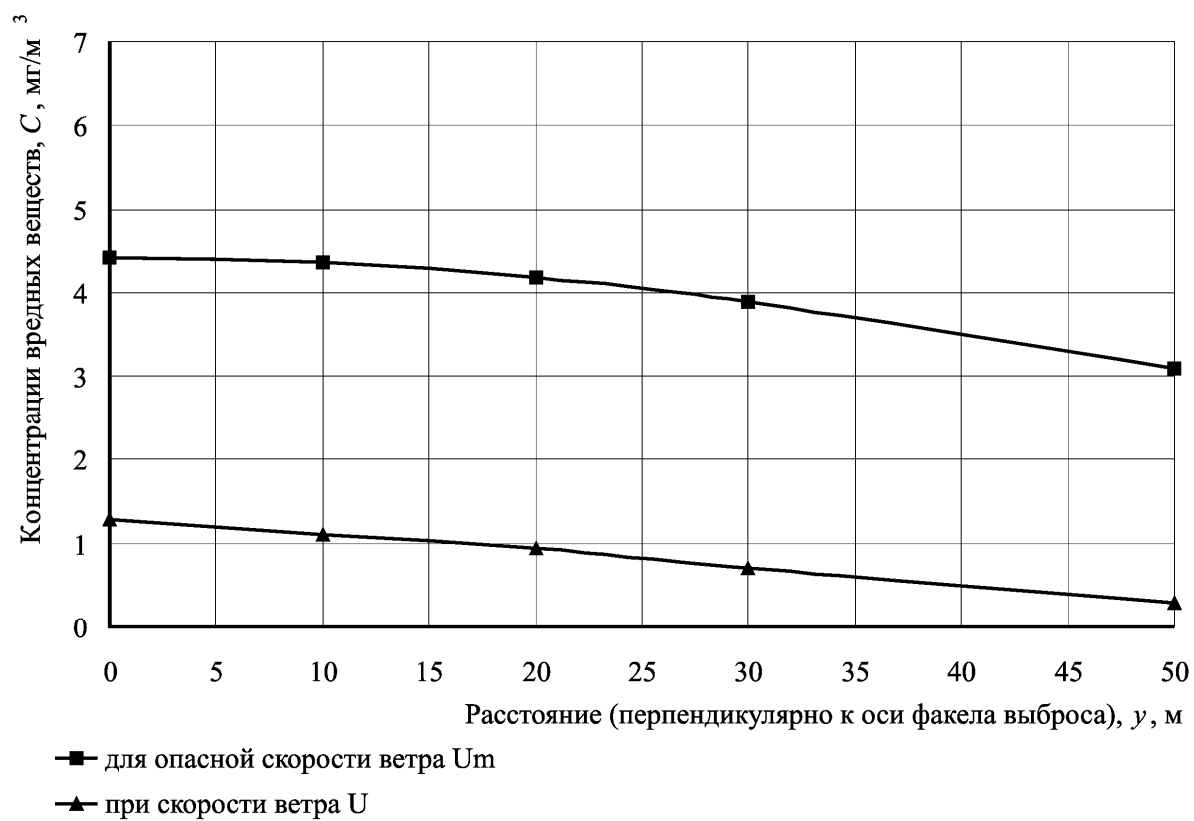


Рисунок 4 – Зависимость изменения концентрации вредных веществ в приземном слое воздуха на расстоянии y

7. КОНТРОЛЬНЫЕ ВОПРОСЫ

1. Как классифицируют вредные вещества по степени опасности?
2. Что такое ПДК, какая у нее размерность?
3. Назначение высоких труб?
4. Что означают термины неблагоприятные метеоусловия, «опасная» скорость ветра?
5. Где при неблагоприятных метеорологических условиях будет наблюдаться максимальная приземная концентрация вредных веществ C_M ?
6. Что означает термин «теньевая зона»?
7. От каких метеопараметров зависит форма дымовой струи?
8. Какие параметры источника вредных выбросов влияют на максимальную приземную концентрацию вредных веществ C_M ?
9. Изменяя какие параметры источника можно добиться эффективного снижения величины C_M ?
10. Как влияют температура и скорость выхода газовойздушной смеси на величину приземной концентрации вредных веществ?
11. Что такое температурная инверсия, когда она наблюдается?
12. Что такое роза ветров?

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Макаров В.В. Основы защиты воздушного бассейна / В.В. Макаров. — Севастополь.: Изд-во СевНТУ, 2003. — 282с.
2. Никитин Д.П., Новиков Ю.В. Окружающая среда и человек / Д.П. Никитин, Ю.В. Новиков. — М.: Высш. школа, 1980. — 424 с.
3. ОНД-86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий. — Л.: Гидрометеиздат, 1986. — 68 с.; (Межгосударственные стандарты). — Содерж.: 9 док.
4. Сологьяна И.Х. Метрологическое обеспечение безопасности труда: Справочник/ Колл. авт.; Под ред. И.Х. Сологьяна. Т.2. Измеряемые параметры химических, биологических и психофизических опасных и вредных производственных факторов — М.: Изд-во стандартов, 1989. — 256 с.

ПРИЛОЖЕНИЕ А

(справочное)

Варианты к индивидуальному расчетно-практическому заданию

№ вар	Значения исходных параметров									Координаты расчетных точек								
	A	M, г/с	F	H, м	d, м	ω ₀ , м/с	T _Г , град	T _В , град	U, м/с	x ₁ , м	x ₂ , м	x ₃ , м	x ₄ , м	y ₁ , м	y ₂ , м	y ₃ , м	y ₄ , м	
1	200	40	2,5	15	0,20	10	275	25	10	30	100	300	1000	10	20	30	50	
2	200	40	2,5	20	0,20	10	275	25	10	30	100	300	1000	10	20	30	50	
3	200	40	2,5	25	0,20	10	275	25	10	30	100	300	1000	10	20	30	50	
4	200	50	2,5	20	0,25	10	275	25	6	30	100	300	1000	10	20	30	50	
5	200	50	2,5	25	0,25	10	275	25	6	30	100	300	1000	10	20	30	50	
6	200	50	2,5	30	0,25	10	275	25	6	30	100	300	1000	10	20	30	50	
7	200	60	2,5	25	0,30	10	275	25	3	30	100	300	1000	10	20	30	50	
8	200	60	2,5	30	0,30	10	275	25	3	30	100	300	1000	10	20	30	50	
9	200	60	2,5	35	0,30	10	275	25	3	30	100	300	1000	10	20	30	50	
10	200	60	2,5	10	0,20	8	275	25	3	30	100	300	1000	10	20	30	50	
11	200	20	2,0	10	0,20	8	290	25	5	25	90	250	900	10	20	30	50	
12	200	20	2,0	15	0,20	8	290	25	5	25	90	250	900	10	20	30	50	
13	200	20	2,0	20	0,20	8	290	25	5	25	90	250	900	10	20	30	50	
14	200	30	2,0	15	0,30	8	290	25	8	25	90	250	900	10	20	30	50	
15	200	30	2,0	20	0,30	8	290	25	8	25	90	250	900	10	20	30	50	
16	200	30	2,0	25	0,30	8	290	25	8	25	90	250	900	10	20	30	50	
17	200	40	2,0	25	0,35	8	290	25	10	25	90	250	900	10	20	30	50	
18	200	40	2,0	30	0,35	8	290	25	10	25	90	250	900	10	20	30	50	
19	200	40	2,0	40	0,35	8	290	25	10	25	90	250	900	10	20	30	50	
20	200	40	2,0	50	0,35	8	290	25	10	25	90	250	900	10	20	30	50	
21	200	40	3,0	15	0,36	17	300	25	1	25	90	250	900	10	20	30	50	
22	200	30	1,0	15	0,40	15	300	25	1,5	40	120	500	1000	10	20	30	50	
23	200	40	1,0	30	0,40	13	300	25	2	40	120	500	1000	10	20	30	50	
24	200	50	1,0	35	0,40	11	300	25	3	40	120	500	1000	10	20	30	50	
25	200	60	1,0	40	0,40	8	300	25	4	40	120	500	1000	10	20	30	50	
26	200	30	2,0	20	0,30	6	300	25	5	40	120	500	1000	10	20	30	50	
27	200	40	2,0	25	0,35	5	300	25	8	40	120	500	1000	10	20	30	50	
28	200	50	2,0	30	0,25	8	300	25	10	40	120	500	1000	10	20	30	50	
29	200	60	2,0	35	0,20	10	300	25	12	40	120	500	1000	10	20	30	50	
30	200	50	2,0	40	0,20	10	300	25	10	40	120	500	1000	10	20	30	50	