

6. Shilkrot E.O. Determination of Design Loads on Room Heating and Ventilation systems using the Methods of Zone-by-Zone balances // ASHRAE Transaction. 1993. Vol. 99, no. 1.
7. Каммерер Ю.Ю. и др. Защитные сооружения гражданской обороны. Устройство и эксплуатация – М.: Энергоатомиздат, 1985. – 256 с.
8. Халамейзер М.Б. Основы автоматического регулирования установок искусственного климата. – М.: «Машгиз», 1963. – 278 с.

УДК 502.5:504.062

*Прохач Э.Е., д-р техн. наук, директор
ХФ ГП МО Украины «Военконверс-43»,
Михальская Л.Л., канд. техн. наук, зам. директора
ХФ ГП МО Украины «Военконверс-43»,
Попов Н.П., канд. техн. наук, ст. науч. сотр.
ХФ ГП МО Украины «Военконверс-43»*

МЕТОД РАСЧЕТА КОНЦЕНТРАЦИИ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ФАКЕЛЕ ВЫБРОСОВ ПРИ ОТРАБОТКЕ УСТАНОВОК ПО НЕЙТРАЛИЗАЦИИ ВЫСОКОТОКСИЧНЫХ ХИМИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ

Предложен метод расчета концентрации вредных примесей в атмосфере при отработке установок, в факеле выбросов которых могут содержаться высокотоксичные вещества. Метод обеспечивает априорную оценку необходимых при проведении испытаний размеров санитарной зоны при местных метеоусловиях

Постановка проблемы. В настоящее время ведется интенсивный поиск схем и конструкций установок по уничтожению жидких и твердых токсичных отходов, в частности, непригодных к использованию пестицидов и гербицидов. При этом, как правило, отдается предпочтение установкам мобильного типа. Особенностью подобных установок является небольшая (до 10 м) высота выходной трубы, высокая температура выбросов, использование в различных климатических условиях.

Об'єктивне заключення о роботі таких установок може бути дано лише на основі натурних випробувань. Для забезпечення безпеки населення при проведенні випробувань необхідно здійснити грамотний вибір границь санітарно-захисної зони території, на якій проходить обробка і випробування установок.

Для прогнозування розмірів санітарної зони і її характеристик необхідний метод розрахунку концентрації різних хімічних речовин, як по сеченню факела викидів, так і на рівні землі. Метод розрахунку повинен передбачувати використання достатньо простих і доступних вимірних приладів, можливість проведення розрахунків на ЕВМ, забезпечувати достатню точність розрахунків, крайню необхідну при високій токсичності домішок в викидах, враховувати місцеві метеорологічні умови.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Теорія розсіяння шкідливих домішок, що містяться в факелах димових труб, радіоактивних викидів і т. п., в достатній ступені розроблена і доведена до створення нормативних документів [1]. Однією з моделей процесу розсіяння домішок в атмосфері є гауссова статистична модель, яка широко застосовується на практиці. Існують кілька методів розрахунку, оснований на цій моделі, що відрізняються способом задання вихідних даних [2, 3, 4].

При розгляді процесу розсіяння домішки виходять з того, що параметри процесу розсіяння є випадковими функціями, а закон розподілу частинки в факелі близький до нормального. Вважаючи розсіяння по осям y і z взаємно незалежними процесами, а дисперсії координат домішок σ_y^2 і σ_z^2 різними, математична модель процесу представляється в вигляді

$$q(x, y, z, H) = \frac{M}{2\pi\sigma_y\sigma_z u} \exp\left(-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}\right) \left[\exp\left(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}\right) + \exp\left(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}\right) \right], \quad (1)$$

де $q(x, y, z, h)$ – концентрація домішки в точці з координатами x, y, z , мг/м³; u – середня швидкість вітру, м/с; σ_y^2, σ_z^2 – дисперсії випадкової величини координат по осям y, z , м²; M – масовий витіток

определенной примеси (химического вещества) на выходе из трубы установки, мг/с; h – эффективная высота подъема факела (м), равная $h=h_{mp} + \Delta h$; h_{mp} – высота трубы, м.

Значения σ_y^2, σ_z^2 связаны с расширением факела выбросов под влиянием турбулентности и поэтому являются функциями расстояния от источника (x) в направлении ветра и параметров устойчивости атмосферы.

Наиболее полно, по мнению авторов, приведенным выше требованиям к методу расчета рассеяния примесей в атмосфере для низких высокотемпературных источников отвечает методический подход, предложенный Н.Л.Бызовой, Е.К.Гаргер и В.Н.Ивановым в [4]. В работе для определения дисперсий координат примесей использованы параметры и критерии подобия турбулентных процессов в атмосфере: динамическая скорость u_* , масштаб температуры T_* , масштаб длины L (масштаб Монина - Обухова), критерий устойчивости атмосферы $\pi_1 = \bar{z} / L$, критерий подобия процессов переноса импульса и теплоты

$$\pi_2 = \frac{u_* t}{L} = \frac{u_* x}{u L} \quad (2)$$

(здесь t – время). Параметры подобия определялись на основе измерений пульсаций скорости и температуры в приземном слое атмосферы.

Экспериментальные исследования, проведенные авторами, позволили получить полуэмпирические зависимости для расчета дисперсии координат примесей в достаточно широком диапазоне состояний устойчивости атмосферы. На основе этих исследований А.В.Найденовым [5] получены интерполяционные зависимости для расчета σ_y

$$\sigma_y^2 = \begin{cases} 1,56 \cdot (u_* t)^2 + 1,44 \cdot \left(\frac{u_* t}{|L|}\right)^3, & L < 0, \\ 1,56 \cdot (u_* t)^2 \cdot \left[1 + 0,24 \cdot \frac{u_* t}{L}\right]^{-1}, & L > 0. \end{cases} \quad (3)$$

Зависимости для расчета σ_z в экспериментах определялись для нескольких характерных диапазонов устойчивости атмосферы

от сильной неустойчивости до сильной устойчивости и представлены в табличном виде.

Несмотря на то, что предложенный в [4] подход к решению задачи позволяет обеспечить необходимую точность расчетов концентрации примесей при работе низких высокотемпературных источников, практическая реализация такого подхода затруднена. Трудности связаны с тем, что в настоящее время отсутствуют промышленные образцы аппаратуры с необходимыми характеристиками для измерения пульсационных характеристик воздушной среды. Кроме этого, имеющееся на сегодня описание изменения дисперсии координат σ_z в виде таблиц затрудняет аналитическую оценку влияния различных факторов на величину концентрации.

Постановка задачи и ее решение. Цель исследований – предложить усовершенствованный метод расчета рассеяния, позволяющий отказаться от измерения пульсаций скорости и температуры, а также получить интерполяционные зависимости для определения σ_z .

Для достижения поставленной цели при расчетах дисперсии координат σ_z нами предлагается использовать не пульсации параметров, а их осредненные значения. Подобный градиентный метод измерений параметров атмосферы, используется при исследовании физики атмосферы [6]. С учетом связи пульсационных характеристик в турбулентном слое атмосферы с осредненными параметрами воздушной среды при логарифмическом законе их изменения расчетные зависимости для определения параметров подобия можно представить в виде [7]

$$u_* = \frac{\chi}{\varphi_u} \frac{\Delta u}{\ln(z_2/z_1)}, \quad T_* = \frac{\chi}{\varphi_T} \frac{\Delta T}{\ln(z_2/z_1)}. \quad (4)$$

При этом параметр Монина - Обухова равен

$$L = -\frac{\varphi_T}{\varphi_u^2 g} \frac{\Delta u^2}{\Delta T} \bar{T} \frac{1}{\ln(z_2/z_1)}. \quad (5)$$

где $\Delta T = T_2 - T_1$; $\Delta u = u_2 - u_1$; $\bar{T} = 0,5(T_2 + T_1)$; φ_u , φ_m - универсальные функции, значения которых рассчитываются по известным зависимостям $\varphi_u(\bar{z}/L)$ и $\varphi_m(\bar{z}/L)$ вида

$$\begin{aligned} \varphi_u &= 1 + 6 \cdot \frac{\bar{z}}{L}; & \varphi_u &= (1 - 15 \cdot \frac{\bar{z}}{L})^{-1/4}; \\ & \text{при } \Delta T > 0; & & \text{при } \Delta T < 0. \end{aligned} \quad (6)$$

$$\begin{aligned} \varphi_T &= 0,74 + 6 \cdot \frac{\bar{z}}{L}; & \varphi_T &= (1 - 9 \cdot \frac{\bar{z}}{L})^{-1/2} \end{aligned}$$

При $\Delta T \approx 0$ $\varphi_u = \varphi_T = 1$. Величина $\chi = 0,4$ (постоянная Кармана).

В расчетах рассеяния обычно используют два уровня измерений z_2 и z_1 , равные $z_2 = 2z$, $z_1 = 0,5z$. Значение z в большинстве случаев принимается равным 1 м.

Для расчета дисперсии координат в вертикальной плоскости нами получены интерполяционные зависимости вида

$$\begin{aligned} \sigma_z &= 1,1 \cdot (u_* \cdot t)^{3/2} \cdot |L|^{-1/2} \text{ при } \bar{z}/L < -3,3; \\ \sigma_z &= [0,36 + 0,6 \cdot (\bar{z}/L)^{3/4}] \cdot u_* \cdot t \text{ при } -3,3 \leq \bar{z}/L \leq 0,0; \\ \sigma_z &= [0,36 + 2,0 \cdot (\bar{z}/L)^{1/2}] \cdot (u_* \cdot t \cdot L)^{1/2} \text{ при } \bar{z}/L > 0,0. \end{aligned} \quad (7)$$

Зависимости получены путем обработки результатов экспериментальных исследований, приведенных в [4], они позволяют рассчитать значение σ_z при заданных метеоусловиях и состоянии устойчивости атмосферы.

Высота подъема факела над устьем трубы Δh определяется рядом факторов, основными из которых являются кинетическая энергия газового потока на выходе из трубы установки, архимедовы силы, обусловленные перегревом выходящих из трубы газов, сила трения при движении струи в невозмущенной среде, скорость ветра.

Для расчета подъема факела выбросов Δh воспользуемся формулой, приведенной в работе [8], которая нашла широкое применение в практических расчетах. Выражение для определения величины Δh имеет вид

$$\Delta h = \frac{1,5 \cdot W_0 \cdot R_0}{u} \left(2,5 + \frac{3,3 \cdot g \cdot R_0 \cdot \delta T}{\bar{T} \cdot u^2} \right), \quad (8)$$

где R_0 - радиус выходного сечения трубы; T_z , W_0 - температура и скорость газа на выходе из трубы; $\delta T = T_z - \bar{T}$ - перегрев газа; $g=9.81$.

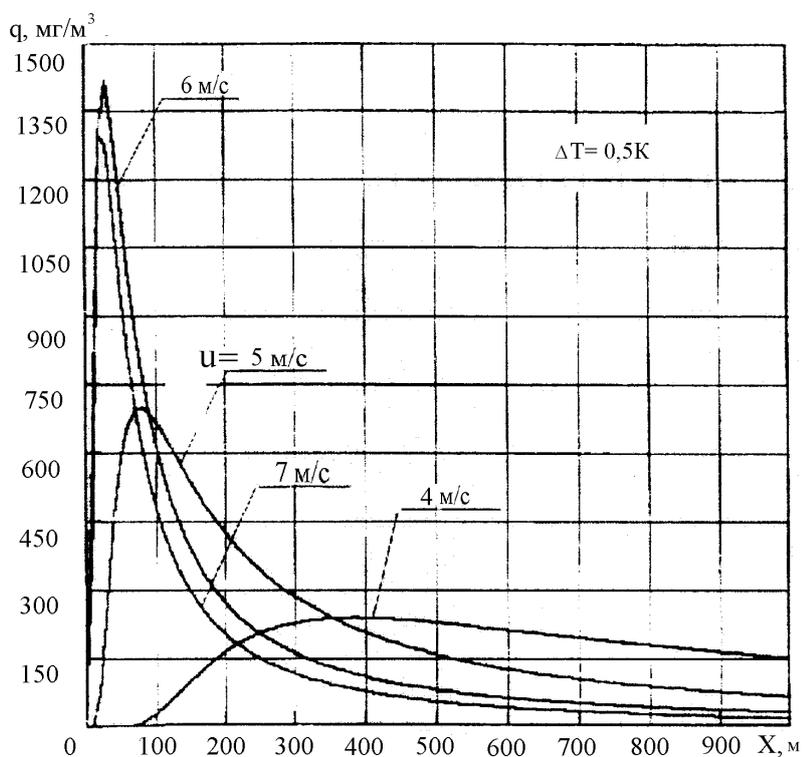
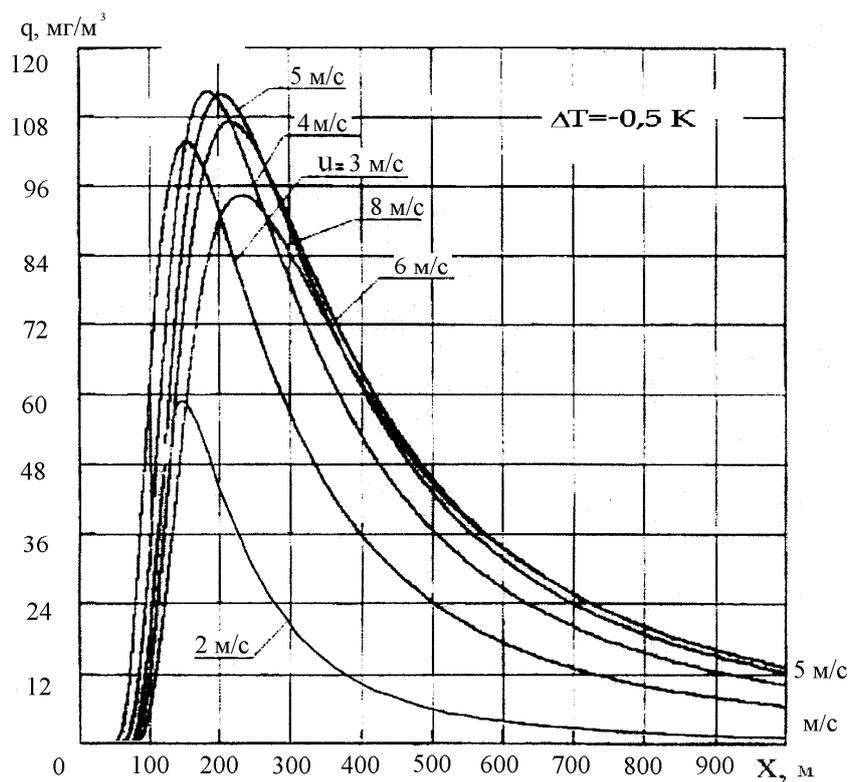


Рис. 1 – Зависимость концентрации загрязняющих веществ от устойчивости атмосферы, скорости ветра и расстояния от источника
 Метод расчета концентрации вредных веществ в факеле выбросов при отработке установок по нейтрализации высокотоксичных химических веществ

Высота центра тяжести факела выбросов определяется по формулам, приведенным в [4]

$$\bar{z} - h = b_1 u \cdot t, \text{ где } b_1 = 0,4 - 0,66 \sqrt{\frac{\bar{z}}{L}} \text{ при } \frac{\bar{z}}{L} > 0,0;$$

$$\bar{z} - h = b_2 u^{3/2} t^{3/2} [L]^{-1/2}, \text{ где } b_2 = 0,4 + 0,051 \left(\frac{\bar{z}}{L} \right)^2 \text{ при } -3,3 \leq \frac{\bar{z}}{L} \leq 0. \quad (9)$$

Интерполяционные формулы для расчета коэффициентов b_1 , b_2 получены аналогично (7).

Уравнения (1)–(9) представляют замкнутую систему, которая использовалась при разработке программы расчета на ЭВМ.

На рис.1 приведены графики зависимости концентрации примесей у поверхности земли от различных факторов: расстояния от источника x , скорости ветра u , состояния устойчивости, определяемого величиной и знаком $\Delta T = T_2 - T_1$.

Полученные результаты позволяют заключить следующее:

- концентрация примесей имеет максимум на некотором расстоянии от источника выбросов;
- концентрация примесей зависит от скорости ветра: существует опасная скорость ветра, при которой концентрация токсичных веществ максимальна;
- максимальная концентрация примесей при устойчивом состоянии атмосферы ($\Delta T > 0$) почти на порядок превышает концентрацию при нейтральной стратификации ($\Delta T = 0$), при этом максимум концентрации наблюдается вблизи источника примесей.

Выводы. Предложен усовершенствованный метод расчета рассеяния примесей в атмосфере, отличающийся тем, что при определении концентрации примесей в факеле дисперсии координат примеси рассчитывают по результатам достаточно простых измерений осредненных значений скорости и температуры воздуха по предложенным интерполяционным формулам.

ЛИТЕРАТУРА

1. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах промышленных предприятий. ОНД-86. – М.: Госкомгидромет, 1987. – 94 с.

2. Защита атмосферы от промышленных загрязнений: Справочник. Ч.2 / Под ред. С. Кальверта и Г.М. Ингульда (русск. пер.). – М.: Металлургия, 1988. – 476 с.
3. Гусев Н.Г., Беляев В.А. Радиоактивные выбросы в биосфере: Справочник. 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Энергоатомиздат, 1991. – 256 с.
4. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примесей. – Л.: Гидрометеиздат, 1991. – 280 с.
5. Найденов А.В. Высота теплового подъема дымовой струи от наземного источника // Труды ИЭМ.- 1987.- Вып.10(131).- С. 90-98.
6. Орленко Л.Р. Строение планетарного пограничного слоя атмосферы. – Л.: Госкомгидромет, 1979. – 272 с.
7. Прохач Э.Е., Михальская Л.Л., Попов Н.П. Расчет рассеяния примесей в атмосфере на основе измерений локальных метеорологических параметров // Информатика. Вып. 7. – Харьков: НАН Украины, Институт проблем моделирования в энергетике, 1999. – С. 126-130.
8. Атмосферная диффузия и загрязнение воздуха / Под ред. М.Е. Берлянда. – Л.: Гидрометеиздат, 1987. – 163 с.

УДК 614.8

Садковой В.П., канд. психол. наук, ректор, УГЗУ

ВЫБОР МОДЕЛИ ОБЪЕКТА УПРАВЛЕНИЯ В СИСТЕМЕ ОСЛАБЛЕНИЯ ПОСЛЕДСТВИЙ ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЙ

(представлено д-ром техн. наук Абрамовым Ю.А.)

Решена задача идентификации математической модели объекта управления в системе ослабления последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера

Постановка проблемы. Среди чрезвычайных ситуаций техногенного характера большое место занимают пожары [1]. В этой связи можно выделить две проблемы: снижение риска возникновения такой чрезвычайной ситуации до минимально воз-