

УДК 662.6; 681.3.06

Товажнянский Л.Л., Мешалкин В.П., Капустенко П.А., Нагорный Э.Р.

РАСЧЕТ ПОЛЕЙ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ВРЕДНЫХ ВЫБРОСОВ И ПОСТРОЕНИЕ КОМПЬЮТЕРНОЙ КАРТЫ КОНЦЕНТРАЦИЙ СОДЕРЖАНИЯ ВРЕДНЫХ ВЕЩЕСТВ В ПРИЗЕМНОМ СЛОЕ АТМОСФЕРНОГО ВОЗДУХА В ОКРЕСТНОСТЯХ КРУПНОГО ПРОМЫШЛЕННОГО ПРЕДПРИЯТИЯ

Расчет полей распределения концентраций вредных выбросов в окрестностях крупного промышленного предприятия является одной из наиболее важных задач экологической безопасности и сохранения экосферы и здоровья человека. Руководствуясь методикой расчета зон распределения концентраций вредных веществ в приземном слое атмосферного воздуха, представленной в Общесоюзном Нормативном Документе (ОНД–86), принятом как основополагающий нормативный документ при разработке проекта ПДВ промышленного предприятия на территории Украины и Российской Федерации, была разработана методика оценки повреждения лесных массивов вредными выбросами в атмосферу промышленных предприятий, расположенных на прилегающей к лесному массиву территории.

В рамках международного проекта DEMACSYS (Contract № ICA–CT–2001–10005 (INCO–COPERNICUS–2) было разработано программное обеспечение, позволяющее построить компьютерную карту концентраций вредных веществ в атмосферном воздухе на расстоянии до 30 км от точечного источника выбросов с учетом скорости и направления ветра, существующих погодных условий, характеристик источника выбросов и выбрасываемого вредного вещества. Карта концентраций строится с шагом 100 метров и с учетом фоновых концентраций вредных веществ, что позволяет с высокой точностью оценить содержание вредных веществ в приземном слое атмосферы в любой точке обследуемой зоны. Предложенный метод основывается на расчете максимального значения приземной концентрации вредного вещества C_m (мг/м³) при выбросе газовой смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигаемого при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m (м) от источника и определяемого по формуле (1):

$$C_m = \frac{AMFmn\eta}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (1)$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы; M (г/с) – масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе; m и n – коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса; H (м) – высота источника выброса над уровнем земли; η – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной и слабопересеченной местности с перепадом высот не превышающем 50 м на 1 км, $\eta = 1$; ΔT (°C) – разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_2 и температурой окружающего атмосферного воздуха T_0 ; V_1 (м³/с) – расход газовой смеси. Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, принимается равным:

- а) 250 – для районов Средней Азии южнее 40° с.ш.;
- б) 200 – для Сибири и районов южнее 50° с.ш.;

- в) 180 – для Урала и районов от 50° до 52° с.ш.;
- г) 160 – для районов севернее 52° с.ш.;
- д) 140 – для Москвы и Московской области.

Значение мощности выброса M (г/с) и расхода газовой смеси V_1 (м³/с) при проектировании предприятий определяется расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами. В расчете принимаются сочетания M и V_1 , реально имеющие место в течение года при установленных (обычных) условиях эксплуатации предприятия, при которых достигается максимальное значение C_m . При определении ΔT (°C) следует принимать температуру окружающего атмосферного воздуха $T_в$, равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года по СНиП 2.01.01. – 82, а для котельных, работающих по отопительному графику используют температуру самого холодного месяца. Температуру выбрасываемой в атмосферу газовой смеси $T_г$ – принимают по действующим для данного производства технологическим нормативам. Значение безразмерного коэффициента F принимаются:

- а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли и золы скорость упорядоченного оседания которых практически равны нулю) $F = 1$;
- б) для мелкодисперсных аэрозолей, кроме указанных в п.а):
 - при отсутствии систем очистки или эксплуатационном коэффициенте очистки менее 75 % – $F = 3$;
 - при коэффициенте очистки от 75 % до 90 % – $F = 2,5$;
 - при эффективности очистки больше 90 % – $F = 2$.

Для выбросов, в которых содержание водяного пара достаточно для того, чтобы в течение всего года наблюдалась его интенсивная конденсация сразу же после выхода в атмосферу, во всех случаях $F = 3$. По фактическим данным принимается высота источника H (м) над уровнем земли, диаметр устья трубы D (м).

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

$$x_m = \frac{5 - F}{4} d \cdot H, \quad (2)$$

где d – безразмерный коэффициент.

Значение опасной скорости ветра u_m (м/с) на уровне флюгера (обычно 10 м от уровня земли), при которой достигается наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ C_m определяется в зависимости от параметров источника выброса и погодных условий. Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_{mi} (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях и скорости ветра u (м/с), отличающейся от опасной скорости ветра u_m , определяется по формуле:

$$C_{i \dot{e}} = r C_i, \quad (3)$$

где r – безразмерная величина, определяемая в зависимости от отношения u/u_m по формулам:

$$r = 0.67(u/u_m) + 1.67(u/u_m)^2 - 1.34(u/u_m)^3, \text{ при } u/u_m \leq 1; \quad (4)$$

$$r = \frac{3(u/u_m)}{2(u/u_m)^2 - (u/u_m) + 2}, \text{ при } u/u_m > 1. \quad (5)$$

Расстояние от источника выброса x_{mi} (м), на котором при скорости ветра u и неблагоприятных метеорологических условиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения C_{mi} (мг/м³), определяется по формуле:

$$x_{mi} = px_m, \quad (6)$$

где p – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения u/u_m по формулам:

$$p = 3, \text{ при } u/u_m \leq 0.25; \quad (7)$$

$$p = 0.32u/u_m + 0.68, \text{ при } 0.25 < u/u_m \leq 1; \quad (8)$$

$$p = 8.43(1 - u/u_m)^5 + 1, \text{ при } u/u_m > 1. \quad (9)$$

При опасной скорости ветра u_m приземной концентрация вредных веществ C ($\text{мг}/\text{м}^3$) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях x (м) от источника выброса определяется по формуле:

$$C = s_1 C_m. \quad (10)$$

Безразмерный коэффициент s_1 определяется в зависимости от отношения x/x_m . Значение приземной концентрации вредных веществ в атмосфере C_y ($\text{мг}/\text{м}^3$) на расстоянии y (м) по перпендикуляру к оси факела выброса определяется по формуле:

$$C_y = s_2 C, \quad (11)$$

где s_2 – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от скорости ветра u (м/с) и отношения y/x .

В результате проведенного анализа выбросов в атмосферный воздух вредных веществ, производимых промышленным предприятием АО «Щекино-азот», расположенным в Тульской области, недалеко от музея-усадьбы «Ясная Поляна» была построена карта зависимостей приземных концентраций вредных веществ, содержащихся в атмосфере, от направления и силы ветра, погодных условий и режимов производственного процесса. Установлено также, что существенный вклад в содержание вредных веществ в атмосферном воздухе на исследуемой территории вносят другие промышленные объекты района.

Предложенная методика и разработанное программное обеспечение могут быть использованы при оценке влияния вредных выбросов химических предприятий стран СНГ на окружающую среду.

Работа выполнена при поддержке Европейского Сообщества, проект DEMACSYS, Contract № ICA-CT-2001-10005 (INCO-COPERNICUS-2).

Литература

1. Бутусов О.В., Мешалкин В.П. Новая математическая модель доза-эффект динамики природных систем // ИТЕ – 2003. – №3. – С. 83-96.
2. Бутусов О.Б., Мешалкин В.П., Сельский Б.Е. Метод определения интегрального индекса химических загрязнений окружающей среды от газовых выбросов химических и нефтехимических предприятий для экологического зонирования // Химическая промышленность. – 1998. – №1. – С. 44-51.
3. Примак А.В. Модели комплексной оценки суммарного загрязнения атмосферного воздуха // Автоматика. – 1987. – №3. – С. 10-20.
4. Sarkissov P., Meshalkin V., Sayapin V., Kapustenko P. Heuristic-calculating procedure for prediction of emissions of chemical plants using logical-and-linguistic models // Proceedings of PRES'03, Hamilton, Canada. – 2003.