

С.Н. Степаненко, д.ф.-м.н., В.Г. Волошин, к.г.н., С.В. Типцов, н.с.
Одесский государственный экологический университет

НОВАЯ ФОРМУЛА ОЦЕНКИ УРОВНЯ ЗАГРЯЗНЕНИЯ АТМОСФЕРЫ ПРОМЫШЛЕННЫМИ ВЫБРОСАМИ

Аннотация. Получено новое решение уравнения турбулентной диффузии, которое учитывает взаимодействие коэффициента турбулентной диффузии и скорости ветра в направлении осей декартовой системы координат. Расчетные формулы позволяют получать поля концентраций при любых термодинамических состояниях атмосферы и скоростях ветра, в том числе и при штиле без аппроксимаций масштабов диффузии от расстояния.

Ключевые слова: уравнение турбулентной диффузии, рассеяние примеси в атмосфере, точечный источник, коэффициент турбулентности, уровень приземной концентрации, загрязнение атмосферы.

1 Введение

Для оценки уровня загрязнения атмосферы промышленными выбросами, используются, в основном, модели эйлера (Eulerian) или гауссова (Gaussian) типа. Эйлеровы модели построены на решении полуэмпирического уравнения турбулентной диффузии (УТД) [1,2,3,4], которое представляется в виде:

$$\frac{\partial q}{\partial t} = -\vec{V} \cdot \nabla q + \frac{\partial}{\partial x} \left(k_x \frac{\partial q}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(k_y \frac{\partial q}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(k_z \frac{\partial q}{\partial z} \right), \quad (1)$$

где $\vec{V} \cdot \nabla q$ – адвективная компонента уравнения;
 k_x, k_y, k_z – компоненты коэффициента турбулентной диффузии;
 q – средняя концентрация примеси.

Для решения конкретных задач уравнение может быть упрощено. Так для установившегося процесса рассеяния для непрерывного точечного источника уравнение (1) преобразуется и принимает вид:

$$u \frac{\partial q}{\partial x} + w \frac{\partial q}{\partial z} = k_x \frac{\partial^2 q}{\partial x^2} + k_y \frac{\partial^2 q}{\partial y^2} + k_z \frac{\partial^2 q}{\partial z^2}. \quad (2)$$

где u – средняя скорость ветра в направлении переноса клуба примеси.

Решение уравнения (2), с учетом некоторых граничных и начальных условий, представляется следующей формулой [2]:

$$q(x, y, z) = Q \exp \left[- \left(\frac{(y - y_0)^2}{4k_y t} + \frac{(z - h_s)^2}{4k_z t} \right) \right] / 4\pi \sqrt{k_y k_z} x, \quad (3)$$

где Q – производительность источника;
 h_s – высота источника выброса примеси;
 t – время диффузии, равное $t = x/u$.

Модели такого типа, иногда, называют, “К-модели”.

В моделях второго типа предполагается, что в турбулентном потоке координаты загрязняющих атмосферу “частиц”, подчиняются нормальному закону распределения, т.е. концентрация примеси внутри клуба, распределена симметрично относительно его мгновенного центра, а рассеяние примеси вдоль осей y и z предполагается, взаимно независим.

Тогда концентрация в факеле, который состоит из суперпозиции клубов, и перемещается вместе с потоком, будет определяться произведением функций плотности вероятностей, а именно:

$$q(x, y, z) = Q \exp \left[- \left(\frac{(y - y_0)^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z - h_s)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \cdot (2\pi u \sigma_y \sigma_z)^{-1}, \quad (4)$$

где σ_y, σ_z – дисперсии гауссовых распределений концентраций, которые, как правило, являются экспериментальные функциями времени диффузии и характера термодинамической устойчивости атмосферы.

Такие модели названы “статистическими моделями гауссова типа” (models Gaussian type).

Сравнивая формулу (1) и (4) можно убедиться, что они совпадают если

$$\sigma_i^2(t) = \int_{t_k}^t K_i(t) dt \quad (5)$$

где $i = 1, 2, 3$ компоненты соответствующих метеорологических параметров на оси координат.

При больших значениях t дисперсия гауссовых распределений концентрации и коэффициент турбулентной диффузии взаимосвязаны между собой следующим образом

$$\sigma_i^2 = 2K_i \cdot t \quad \text{or} \quad K_i = \frac{u_i \sigma_i^2}{2x_i}. \quad (6)$$

Модели гауссова типа, доминируют в большинстве нормативных документов многих стран мира, регламентируя порядок и правила расчета приземных концентраций до расстояний ~ 50 км [5].

При решении уравнения турбулентной диффузии часто допускают не обоснованные физические упрощения, которые искажают особенности атмосферных диффузионных процессов. Например, расчетные формулы, с помощью которых производится оценка уровня приземных концентрации (ground level concentrations, GLC), не позволяют определить GLS при слабых ветрах и штиле, что резко снижает ценность этих моделей. Такой же недостаток присущ и моделям гауссова типа.

Объект исследования – уравнение турбулентной диффузии и новые расчетные формулы для определения концентраций загрязнения (the pollutions) воздуха в районах действия промышленных источников.

Цель работы – анализ расчетных формул, полученных авторами в работах [3,4] на их соответствие современным методам расчета концентраций загрязнения воздуха.

2 Метод исследования

Кратко остановимся на особенностях решение уравнения турбулентной диффузии с постоянными величинами составляющих скорости ветра u , v , w и коэффициента турбулентной диффузии k_x , k_y и k_z , следуя работе [4].

Решение уравнение (1) включает три граничных условия

$$k_z \frac{\partial q}{\partial z} + w_g \cdot q = v_s \cdot q, \quad \text{at } z = z_0, \quad (7)$$

$$\lim_{x, y \rightarrow \pm\infty} q(t, x, y, z) = 0, \quad (8)$$

$$\lim_{z \rightarrow \infty} q(t, x, y, z) = 0. \quad (9)$$

Положение нижней границы z совпадает с высотой слоя шероховатости z_0 . По достижению нижней границы тяжелая или невесомая примесь взаимодействует с ней, отражается, либо поглощается поверхностью (v_s – скорость поглощения).

Положение верхней границы соответствует высоте слоя перемешивания z_i . Однако, взаимодействие примеси с верхней границей мало влияет на уровень приземных концентраций, так как, лишь малая часть тяжелой примеси достигает верхней границы, а легкая примесь успевает рассеиваться в пограничном слое атмосферы. Вклад отраженной от верхней границы примеси, может быть компенсирован введением виртуального источника расположенного у верхней границы.

Для точечного источника, производительность которого задана функцией $Q(t)$ при условии, что существует предел этой функции $Q(t)$, решение уравнение (1) соответствует стационарному режиму. Тогда стационарная функцию $q(x, y, z)$ будет иметь вид:

$$q(x, y, z) = \lim_{t \rightarrow \infty} q_1(t, x, y, z) = \frac{Q e^{\frac{ux}{2k_x} + \frac{vy}{2k_y} + \frac{w(z-h_s)}{2k_z}}}{4\pi \sqrt{k_x k_y k_z}} \times$$

$$\times \left[\frac{1}{2} \frac{\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z-h_s)^2}{k_z}} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}}}{\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z-h_s)^2}{k_z}}} + \right]$$

$$\begin{aligned}
 & -\frac{1}{2} \sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0)^2}{k_z}} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}} \\
 & + \frac{e}{\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0)^2}{k_z}}} + \\
 & \left. + \frac{w_g + 2v_s}{k_z} \cdot \int_0^\infty e^{\frac{w_g + 2v_s}{2k_z} \xi - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0-\xi)^2}{k_z}} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}}} \frac{d\xi}{\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0-\xi)^2}{k_z}}} \right), \quad (10)
 \end{aligned}$$

где функция $q_1(t, x, y, z)$ представлена уравнением

$$\begin{aligned}
 q_1(t, x, y, z) = & \int_0^t e^{\frac{(x-u(t-\tau))^2}{4k_x(t-\tau)} - \frac{(y-v(t-\tau))^2}{4k_y(t-\tau)}} \left(e^{-\frac{(z-h-w(t-\tau))^2}{4k_z(t-\tau)}} + \right. \\
 & \left. + e^{\frac{w(h-z_0)}{k_z} - \frac{(z+h-2z_0-w(t-\tau))^2}{4k_z(t-\tau)}} \right) Q(\tau) d\tau + \frac{w_g + 2v_s}{k_z} \times \\
 & \times \int_0^t e^{\frac{(x-u(t-\tau))^2}{4k_x(t-\tau)} - \frac{(y-v(t-\tau))^2}{4k_y(t-\tau)}} \int_0^\infty e^{\frac{w(h-z_0)}{k_z} - \frac{(z+h-2z_0-w(t-\tau)+\xi)^2}{4k_z(t-\tau)} + \frac{v_s \cdot \xi}{k_z}} d\xi Q(\tau) d\tau, \quad (11)
 \end{aligned}$$

Полученное решение является фундаментальным, так как найден обратный оператор исходного уравнения и, следовательно, иные формы уравнения являются частными случаями.

Третий член формулы (10) учитывает изменение уровня приземной концентрации для тяжелой примеси и поглощение любой примеси поверхностью. Для случая, когда коэффициент поглощения стремится к нулю $v_s \rightarrow 0$, асимптотическая оценка интегрального члена позволяет переписать уравнение в виде:

$$q_2(x, y, z) = \frac{Qe}{4\pi\sqrt{k_x k_y k_z}} \times \left(\frac{ux}{2k_x} + \frac{vy}{2k_y} + \frac{w(z-h_s)}{2k_z} \right) \times \left[\frac{e^{-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z-h_s)^2}{k_z}} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}}}}{\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z-h_s)^2}{k_z}}} + \frac{e^{-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0)^2}{k_z}} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}}}}{\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0)^2}{k_z}}} - \frac{2(w_g + 2v_s)e^{-\frac{1}{2}\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0)^2}{k_z}} \cdot \sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}}}}{(z+h_s-2z_0)\sqrt{\frac{u^2}{k_x} + \frac{v^2}{k_y} + \frac{w^2}{k_z}} - 2v_s\sqrt{\frac{x^2}{k_x} + \frac{y^2}{k_y} + \frac{(z+h_s-2z_0)^2}{k_z}}} \right], \quad (12)$$

Такая форма уравнения эйлеровой модели, получена впервые. Уравнение (12) названо “уравнением СВТ (equation SVT)” по первым буквам фамилии авторов.

Уравнение “SVT” может быть приведено к форме уравнения гауссова типа при условии, что $v = w = 0$ и первые два слагаемых уравнения (12) имеют одинаковый порядок, а для случая отражающей поверхности $v_s = 0$ и невесомой примеси $w_g = 0$ третье слагаемое исключается. Принимая, далее равенство горизонтальных составляющих коэффициента диффузии $k_x = k_y = K_y$ и выполнив разложение в ряд Тейлора биномиальной функции основного члена формулы (первое слагаемое правой части) для расстояний $x \gg |y| + |z - h_s|$ получаем

$$q(x, y, z) \cong \frac{Q}{4\pi x \sqrt{k_z K_y}} e^{\frac{ux}{2K_y} \left(-\frac{y^2}{2x^2} - \frac{(z-h)^2 K_y}{2x^2 k_z} \right)} \cong \frac{Q}{4\pi x \sqrt{k_z K_y}} \frac{e^{-\frac{1}{2}\sqrt{1 + \frac{y^2}{x^2} + \frac{(z-h)^2 K_y}{x^2 k_z}}}}{\sqrt{1 + \frac{y^2}{x^2} + \frac{(z-h)^2 K_y}{x^2 k_z}}} \cong Q \exp \left[\frac{u}{2K_y} \left(-\frac{y^2}{2x} - \frac{(z-h)^2 K_y}{2x k_z} \right) \right] \cdot (4\pi x \sqrt{k_z K_y})^{-1} \quad (13)$$

Определив масштабные коэффициенты диффузии σ_z, σ_y по соотношению $K_{y,z} = 0,5u\sigma_{y,z}^2 x^{-1}$ и, подставив его в (13), получим уравнение аналогичное (4)

$$q(x, y, z) \cong Q \exp \left[- \left(\frac{y^2}{2\sigma_y^2} + \frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right] \cdot (2\pi u \sigma_y \sigma_z)^{-1}.$$

Таким же образом можно преобразовать и второе слагаемое уравнения (12) и получить уравнение, которое будет идентично основному уравнению современной гауссовой модели AERMOD.

$$C_d(x, y, z) = \frac{Q}{2\pi u \sigma_y} \exp \left(\frac{-y^2}{2\sigma_y^2} \right) \times \times \sum_{m=0}^m \frac{1}{\sigma_z} \left[\exp \left(- \frac{(z-h_d - 2mz_i)^2}{2\sigma_z^2} \right) + \exp \left(- \frac{(z+h_d + 2mz_i)^2}{2\sigma_z^2} \right) \right]. \quad (14)$$

Здесь функция $C_d(x, y, z)$ представляет расчетную формулу модели AERMOD для, так называемого, прямого (direct) точечного источника.

3 Результаты исследования и их анализ

С целью проверки формулы (12) на ее соответствие современным методам расчета, нами проведены сопоставления величин концентраций загрязнений воздуха рассчитанных по моделям ISC(SCREEN), AERMOD [5, 6] и уравнению SVT.

Проведено два численных эксперимента, в первом коэффициенты турбулентной диффузии k_y и k_z , оценивались по соотношению $k_{y,z} = 0,5u\sigma_{y,z}^2 x^{-1}$, а дисперсионные параметры σ_y и σ_z по аппроксимациям Паскуилла-Гиффорда (Pasquill-Gifford), которые имеют вид:

$$\sigma_y = a_1 \cdot x \cdot \text{tg}(b_1(c - d \cdot \ln x))$$

$$\sigma_z = a \cdot x^b$$

где x – расстояние в километрах, a_1, a, b_1, b, c, d – числовые коэффициенты согласно работы [6].

Эффективная высота источника определялась по формулам из SCREEN-ISC [6]. Для расчетов выбран промышленный источник, обладающий такими характеристиками: геометрическая высота 35м, диаметр устья трубы 1,4м, скорость выхода газов 7м/с, температура газов 125⁰С, температура окружающего воздуха 25⁰С.

На рисунке 1а показаны результаты расчетов для различных классов устойчивости: неустойчивой, безразличной и устойчивой стратификации (класс А, D и F соответственно). Получено практически полное совпадение расчетных значений, что

свидетельствует о том, что модели гауссова типа (GDM) являются частным случаем модели SVT.

Таким образом, формула SVT может с успехом использоваться и в статистических моделях атмосферной диффузии гауссова типа, не изменяя при этом достигнутой точности расчета. Формула SVT может помочь преодолеть извечный недостаток моделей типа GDM, т.е. определить концентрацию загрязнения воздуха как для слабых скоростях ветра, так и при полном его отсутствии – штиле.

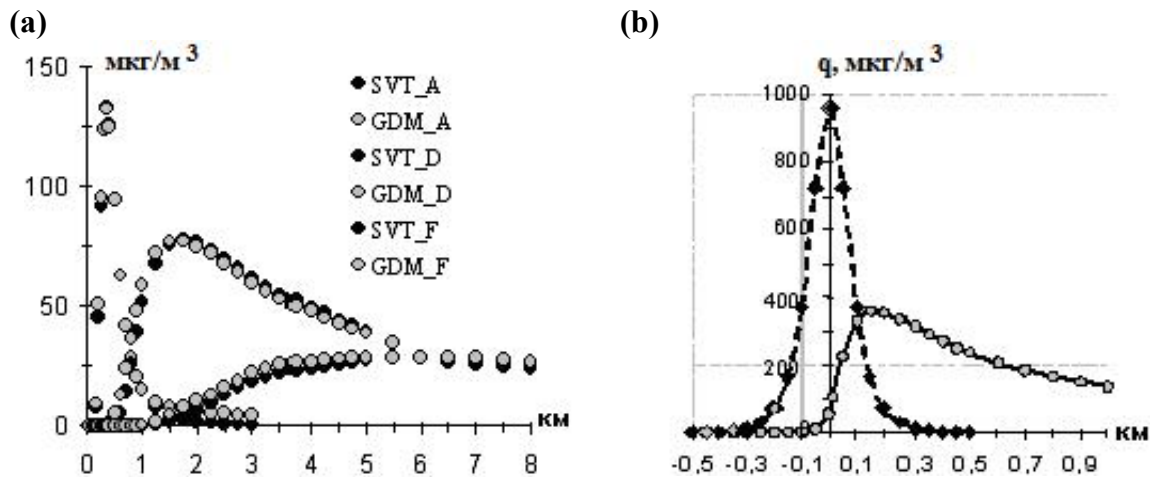


Рис. 1 – Расчеты по формуле SVT для точечного источника: (а) распределение $q(x, z = 2\text{м})$ по моделям SVT и GDM для различных классов устойчивости; (б) $q(x, z = 2\text{м})$ при штиле (пунктирная линия) и $q(x, z = 2\text{м})$ при очень слабом ветре и интенсивной турбулентности (сплошная линия).

Так, например, на рисунке 1b показаны возможности формулы SVT для расчета загрязнения воздуха $q(x, z = 2\text{м})$ при полном отсутствии ветра (штиль, $U = 0 \text{ м/с}$) и слабых нисходящих вертикальных движениях $w < 0$. Если коэффициенты $k_x = k_y = k_z$ равны, распределение концентрации загрязнения воздуха симметрично относительно положения источника и соответствует функции плотности вероятностей нормального закона. Эксцесс функции зависит от отношения коэффициента диффузии к вертикальной скорости k_z / w , а асимметрия от k_z / u .

На том же рисунке 1b показано распределение концентрации при слабом ветре ($U < 0,5 \text{ м/с}$), но при больших значениях коэффициента турбулентности, например, при сильной конвекции ($k_x = k_y = k_z = 10\text{м}^2/\text{с}$). Область максимума перемещается по направлению потока, но из-за интенсивной турбулентности слабое загрязнение воздуха остается и с наветренной стороны источника.

При проведении второго численного эксперимента на соответствие формулы SVT современным методам расчета приземных концентраций использовались специально разработанным для модели STV функции $k_y = k_z = \varphi(x)$.

Предварительно, по формулам STV и GDM, были получены для различных состояний термодинамической устойчивости величины максимальных концентраций q_{max} и расстояния x_{max} . Результаты показаны на рисунках 2a и 2b.

Обнаружено, что модели GDM занижают величины максимальных концентраций q_{\max} при неустойчивых условиях и завышают x_{\max} при устойчивых (светлые маркеры на рис. 2а, б).

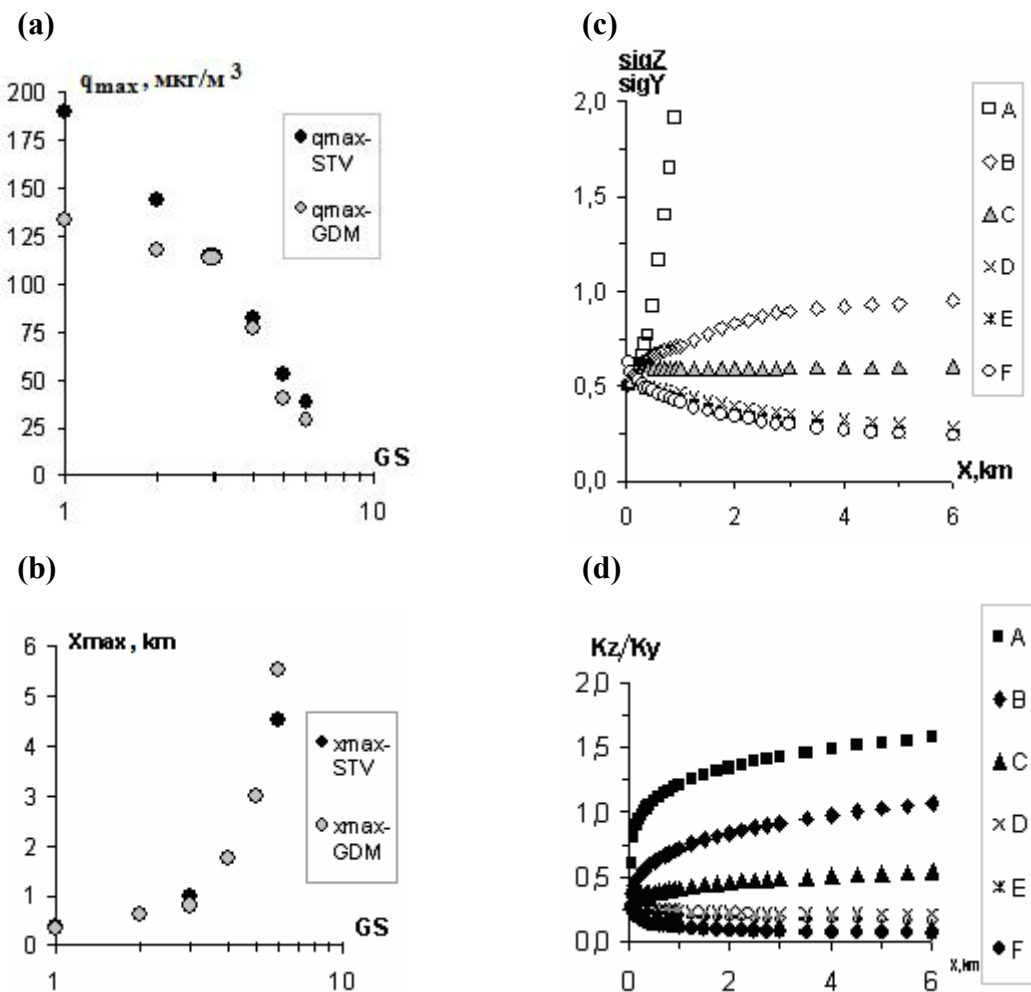


Рис. 2 – Расчеты по формулам SVT и GDM для точечного источника: значение q_{\max} (а) и x_{\max} (б), для различных классов устойчивости; отношение вертикального и горизонтального масштаба диффузии σ_z / σ_y (с) (GDM) и вертикального и горизонтального коэффициента диффузии k_z / k_y (д) (SVT) от расстояния для различных классов устойчивости.

Причины несовпадения результатов расчета основных параметров q_{\max} , x_{\max} , возможно, связаны с различной зависимостью отношений вертикальных и горизонтальных масштабов рассеяния (рисунок 2с и 2д) от расстояний в моделях GDM и SVT.

Расчет отношения σ_z / σ_y для GDM проведен по формулам Паскуилла-Гиффорда, а $(k_z / k_y) = P$ по аппроксимациям, используемым в SVT.

Видны существенные различия изменения отношений σ_z / σ_y и k_z / k_y с расстоянием при различных классах устойчивости атмосферы. Особенно они заметны для сильной неустойчивой (класс А) и устойчивой (класс Е, F) стратификации.

При решении уравнения турбулентной диффузии и при последующем использовании прикладных формул возникает вопрос о соответствии коэффициентов турбулентной диффузии и коэффициентов турбулентной вязкости для различных временных масштабов явления. Подобие этих коэффициентов не подвергается сомнению на достаточно больших расстояниях от источника, по крайней мере, больших $x > 10h_s$, т.е. с расстояний близких к точкам x_{\max} и q_{\max} [2]. Поэтому при выборе аппроксимаций k_y и k_z учитывался и масштаб явления, поскольку величины коэффициентов турбулентной вязкости зависят от размеров вихрей, участвующих в процессе рассеяния.

Для оценки коэффициентов турбулентности k_y и k_z нами введена функция, зависящая от скорости ветра, параметра устойчивости, безразмерного сдвига ветра, шероховатости поверхности и расстояния, пройденного частицей от источника до точки рецептора. Функция $k_z = \varphi(x, U, \zeta, \varphi_u, z_0)$ имеет вид

$$k_z = U_z \cdot A \cdot \left(\frac{x}{x_1}\right)^b = U_z \frac{\kappa^2 \cdot h_{SBL}}{\ln(z_r / z_0) \cdot \varphi_u} \cdot \left(\frac{x}{x_1}\right)^b ; \quad k_y = k_z \cdot P^{-1}, \quad (15)$$

где U_z – средняя скорость ветра;

κ – постоянная Кармана;

h_{SBL} – высота приземного слоя атмосферы как функция параметра устойчивости (z/L);

x – расстояние от источника в направлении переноса;

x_1 – стандартное расстояние равное 1км;

z_r, z_0 – высота измерения скорости ветра и шероховатость поверхности;

A – размерный числовой коэффициент;

b – показатель степени функции $k_z \sim \varphi(x)$.

$P=(k_z / k_y)$ – показатель анизотропии, т.е. отношение вертикального и горизонтального масштаба диффузии (рис.2D)

В табл. 1 приведены некоторые параметра уравнения (15), которые применялись для расчета приземных концентраций.

Таблица 1 – Параметры к формуле (15)

ПАРАМЕТРЫ	Классы устойчивости					
	1	2	3	4	5	6
Коэффициент A	7,8	4,1	2	0,63	0,25	0,11
Коэффициент b	0,75	0,73	0,72	0,66	0,55	0,4

Используя уравнение (12) с учетом (15) были вновь проведены сопоставления $q(x, z = 2\text{м})$ концентраций по SVT и SCREEN-ISC (рис. 3).

Из рис. 3 следует, что изменение $q(x)$, как функции расстояния от источника, по SVT (сплошные темные линии) существенно отличаются от аналогичных распределений по GDM (пунктирные линии). Максимумы концентраций q_{\max} и расстояний x_{\max} , различны для всех классов устойчивости.

Модель GDM существенно занижает уровень приземных концентраций q_{\max} для неустойчивых условий (класс А) 133 мкг/м.куб для GDM и 188 мкг/м.куб соответственно для SVT и завышает расстояния $x_{\max}=5,5$ км для GDM и 4,5 км для STV при сильной устойчивости (класс F).

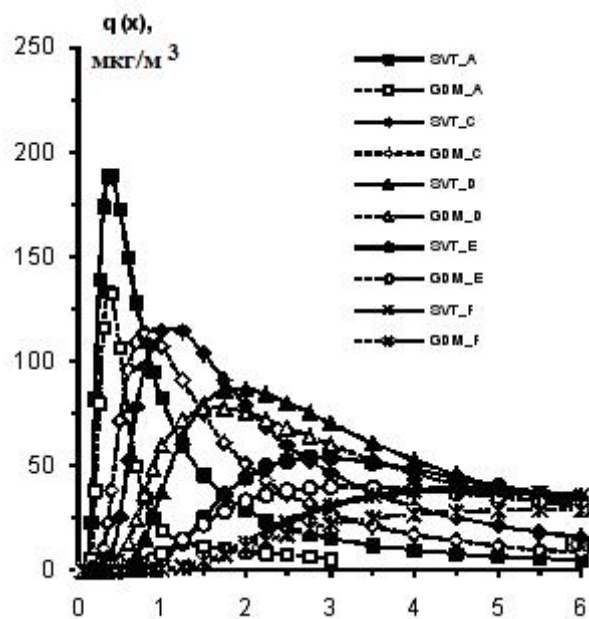


Рис. 3 – Распределения $q(x)$ для различных классов устойчивости, рассчитанные по моделям GDM и SVT.

Однако, обнаруженные различия не свидетельствуют ни в пользу одной, ни в пользу другой модели. Соответствие между ними, естественно, должно быть проверено как экспериментально, так и теоретически, особенно это касается выбора аппроксимаций для коэффициентов турбулентного обмена.

4 Выводы

1. Формула SVT допускает замену масштабов диффузии $\sigma_y(x)$, $\sigma_z(x)$ на коэффициенты турбулентной вязкости k_y , k_z так как их величины хорошо известны для приземного и пограничного слоя атмосферы.
2. Формула SVT позволяет получить решение без ограничений на скорость ветра и расстояние, а также учесть взаимодействие компонент диффузии во всех направлениях системы координат.

Список литературы

1. Берлянд М.Е., Современные проблемы атмосферной диффузии и загрязнения атмосферы. – Л.: Гидрометеиздат, 1975, 439 с.
2. Бызова Н.Л., Гаргер Е.К., Иванов В.Н. Экспериментальные исследования атмосферной диффузии и расчеты рассеяния примеси. – Л.: Гидрометеиздат, 1991, с.270

3. Степаненко С.Н., Волошин В.Г., Тупцов С.В. Решение уравнения турбулентной диффузии для стационарного точечного источника//Украинский гидрометеорологический журнал, 2008, № 3, с. 13–25.
4. Степаненко С.Н., Волошин В.Г. Анализ функции плотности распределения концентрации в гауссовых моделях рассеяние примеси в атмосфере, 2008, № 3, с. 5 -15.
5. AERMIC, 1995, Formulation of the AERMIC MODEL (AERMOD) (Draft), Regulatory Docket AQM-95-01, AMS/EPA Regulatory Model Improvement Committee (AERMIC).
6. U.S. EPA, 1995b: User's Guide for the Industrial Source Complex (ISC3) Dispersion Models, volume II – description of model algorithms. U.S. EPA, Research Triangle Park, N.C.

New formula of estimation of level of the ground concentrations of pollutions from industrial sources

Abstract. *The new decision of equation of turbulent diffusion, which takes into account co-operation of coefficients of turbulent diffusion and speed of wind in the direction of axes of the system of co-ordinates, is got. The formulas of calculations allow to get the fields of concentrations at any states of thermodynamic of atmosphere and speeds of wind, including at a calm without approximations of scales of diffusion from distance.*

Keywords: *equalization of turbulent diffusion, pollutions dispersions in an atmosphere, point source, coefficient of turbulence, level of the ground concentration, contaminations of atmosphere.*