6.Распространение ПВО в приземном слое атмосферы

6.1 Постановка задачи

Закон сохранения массы

$$\frac{d\rho}{d\tau} + div(\rho \vec{U}) = 0$$

$$\frac{d(\rho C)}{d\tau} + div(\rho \vec{U} C) = div(\rho K * gradC)$$

Закон сохранения импульса

$$\frac{d(\rho u)}{d\tau} + div(\rho \vec{U} u) = div(\rho K * gradu) - \frac{dp}{dx}$$

$$\frac{d(\rho v)}{d\tau} + div(\rho \vec{U} v) = div(\rho K * gradv) - \frac{dp}{dy}$$

$$\frac{d(\rho w)}{d\tau} + div(\rho \vec{U} w) = div(\rho K * gradw) - \frac{dp}{dz} - \rho g$$

Закон сохранения энергии

$$\frac{d(\rho H)}{d\tau} + div(\rho \vec{U} H) = div(\rho K * gradH) + \frac{d\rho}{d\tau}$$

Постановка задачи (продолжение)

Уравнение состояния идеального газа

$$p = \rho T[\overline{C} R_g + (1-\overline{C}) R_a]$$

Уравнение энтальпии смеси газ - влажный воздух

$$H = [c_{p,a}(1-\overline{C}) + c_{p,g}\overline{C}]T + L_{исп}\zeta(1-\overline{C})\psi(\tau)$$

Здесь ζ **- абсолютная влажность воздуха;**

$\psi(\tau) =$ ***- линейная температурная функция, равная***

$$\psi(\tau) = \begin{cases} 0, \text{ при } T < 263K \\ (T-263)/20, \text{ при } 263<T<283K \\ 1, \text{ при } T > 283\ K \end{cases}$$

C **– массовая концентрация пара (газа);**

$\vec{U} = \vec{i}u + \vec{j}v + \vec{k}w$ **-вектор скорости;**

Начальные и граничные условия:

z = h $_{ПС}$ **невозмущенный поток приземного слоя атмосферы;**

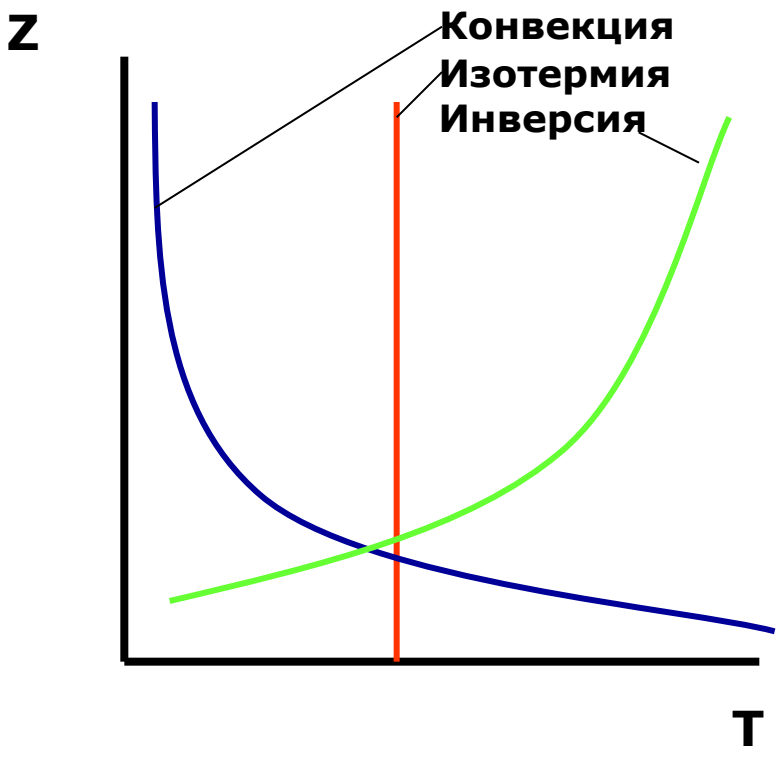
z= 0; *U(x,y,z,* τ ***)*** **= 0;** $\rho K_z(\frac{dC}{dz}) = 0; q = \alpha(T_{гр} - T)$

Постановка задачи (продолжение)

K_x, K_y, K_z -коэффициенты турбулентной диффузии

$$K_X = K_Y = \beta K_z$$

Класс устойчивости атмосферы (dT/dz)	β
A -сильная конвекция (< 1,9)	0,1
B – конвекция - (1,9…1,7)	0,5
C – умеренная конвекция - (1,7…1,5)	1,5
D – нейтральная - (1,5…0.5)	6,0
E – инверсия + (0,5…1,5)	19,0
F – сильная инверсия + (1,5…4,0)	65,0



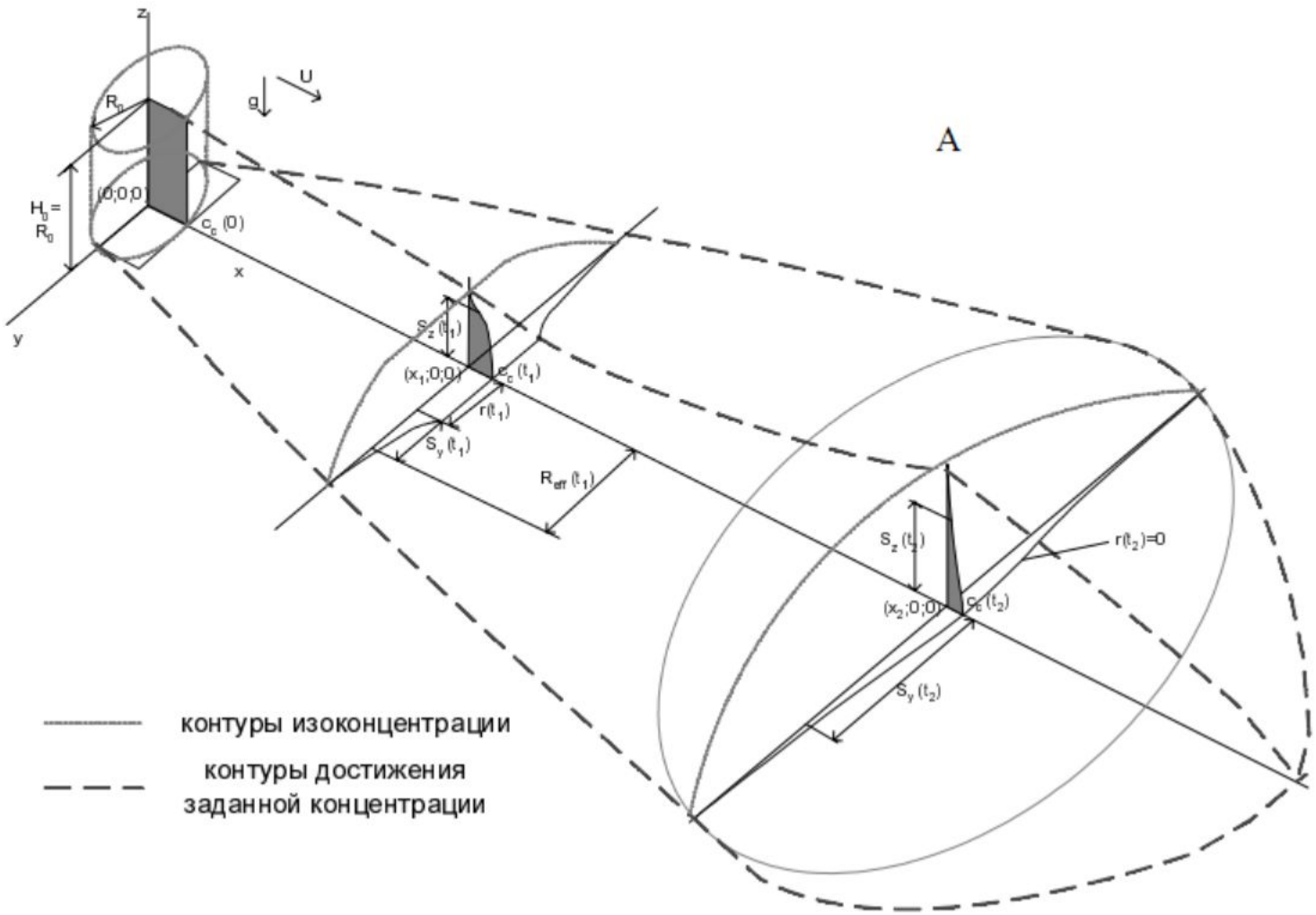
Цель решения: определить $C(x, y, z, \tau)$

Методы решения:

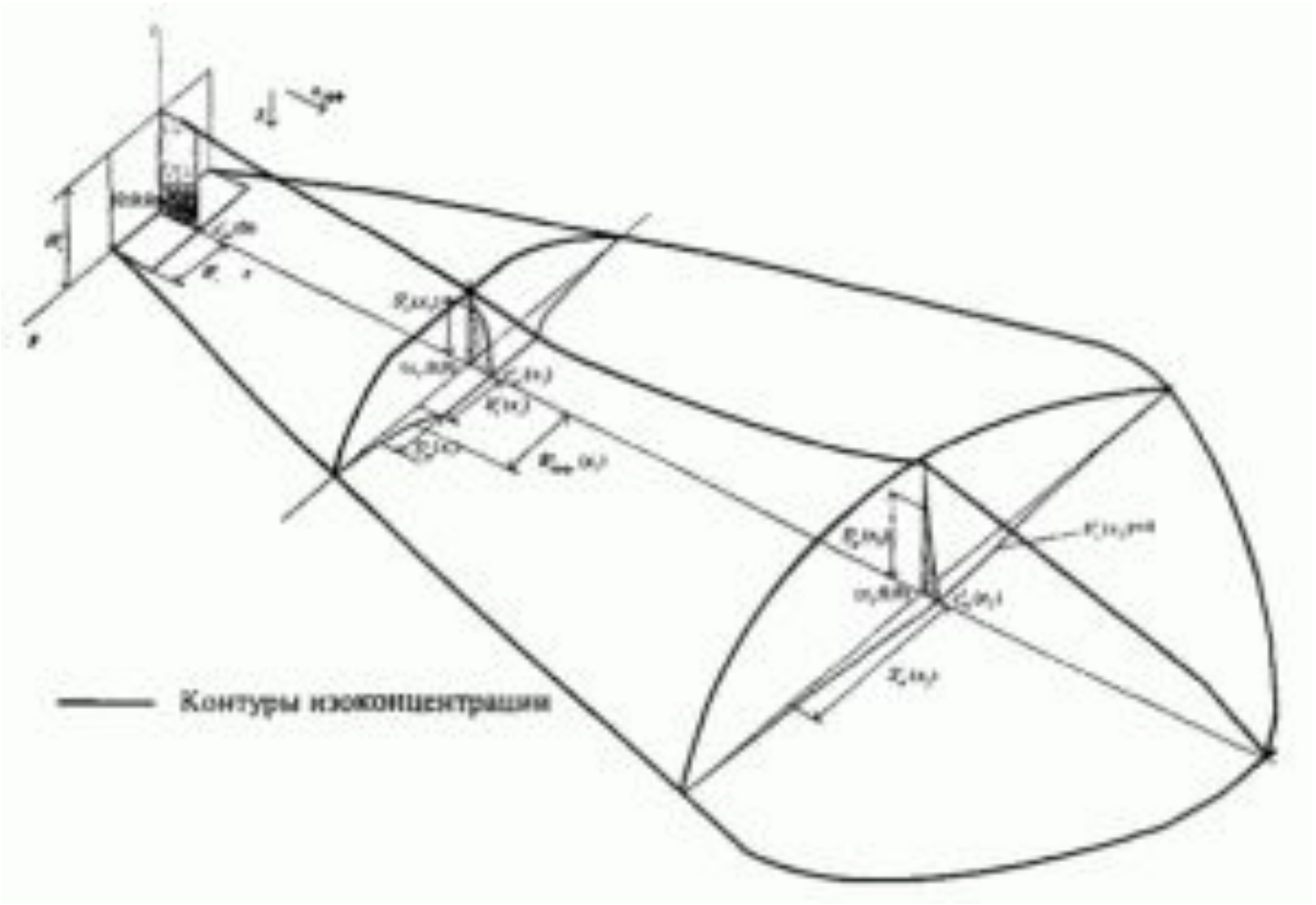
Автомодельные. **Базируются на закономерностях турбулентного переноса и вероятностно-статистических представлениях о рассеянии поллютантов, не требуют трудоемких расчетов и экспериментов.**

Дисперсионные (гауссовы). **Постулируется, что распределение концентрации по сечению облака является нормальным (гауссовым) и определяется коэффициентами дисперсии** $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z$

Численные. **Основаны на численном решении уравнений Навье-Стокса с использованием тех или иных моделей турбулентности**



Распространение первичного облака



Распространение вторичного облака

Методика «ТОКСИ» (НТЦ «Промышленная безопасность»)

Допущения:

- газообразное ОХВ считается идеальным газом, свойства которого не зависят от температуры;

жидкое ОХВ считается несжимаемой жидкостью, свойства которой не зависят от температуры;

- истечение ОХВ и его испарение происходят с постоянной скоростью;

- в образовавшемся сразу после выброса облаке находится только ОХВ без подмешанного воздуха;

- разлив жидкой фазы происходит по твердой, не впитывающей поверхности с высотой разлившегося слоя 0,05 м;

при расчете рассеяния ОХВ в атмосфере используется гауссова модель диффузии пассивной примеси, осаждение ОХВ на подстилающую поверхность и его химические превращения не учитываются;

- метеоусловия остаются неизменными в течение времени экспозиции, а характеристики атмосферы - постоянны по высоте.

Сценарий 3. Полное разрушение оборудования, содержащего ОХВ в *жидком* состоянии

Методика «ТОКСИ» (продолжение)

Исходными данными для расчета являются:

- физико-химические и токсикологические характеристики ОХВ;
- количество и технологические параметры ОХВ;
- параметры оборудования, в котором обращается ОХВ;
- вероятный сценарий выброса ОХВ в атмосферу;
- топографические характеристики территории вблизи аварийного объекта;
- метеоусловия на момент аварии;
- время экспозиции.

Масса ОХВ, образующая первичное облако $Q_З$, кг складывается из массы ОХВ, переходящей в первичное облако при мгновенном вскипании перегретого ОХВ $Q_{Зг}$, массы ОХВ, переходящей в первичное облако в виде аэрозоля $Q_{Зж}$, массы ОХВ, переходящая в первичное облако при кипении пролива $Q_З$ и и массы газообразного ОХВ в оборудовании $Q_г$, *т.е.*

$$Q_З = Q_{Зг} + Q_{Зж} + Q_{Зи} + Q_г.$$

Методика «ТОКСИ» (продолжение)

Если величина $Q^г$ заранее неизвестна, то ее можно определить по формуле

$$Q^г = \alpha \frac{\mu}{R} \frac{V_3 P_3}{T_3},$$

α **– объемная доля оборудования, заполненная газовой фазой**

Расход ОХВ во вторичное **облако, образующееся при испарении ОХВ из пролива $q_3^и$, кг/с равен**

$$q_3^и = F\sqrt{\mu} \quad 10^{-6} (5{,}83 + 4{,}1\, U)\, P_{нас}$$

Размер первичного облака **в начальный момент времени R_3, м равен**

$$R_1 = \sqrt[3]{3Q_1 / (4\pi\rho_1^{выб})}$$

Методика «ТОКСИ» (продолжение)

Определение полей концентрации ОХВ

Концентрация ОХВ при прохождении *первичного* облака

$$c(x,y,z,\tau) = G_3(x,y,z,\tau)\frac{Q_i}{2{,}67\pi R_i^3 + (2\pi)^{3/2}\sigma_x\sigma_y\sigma_z},$$

$$G_3(x,y,z,\tau) = \exp[-\frac{x-U\tau}{2\sigma_x^2} - \frac{y^2}{2\sigma_y^2}] * [\exp(-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}) + \exp(-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2})]$$

Концентрация ОХВ при прохождении *вторичного* облака, образующегося при истечении газообразного ОХВ из разрушенного оборудования *при наличии пролива*

$$c_i^г(x,y,z,\tau) = G_н(x,y,z)\frac{q_i^г}{U[2\pi(R_i^г)^2 + 2\pi\sigma_y\sigma_z]},$$

$$G_н(x,y,z) = \exp[-\frac{y^2}{2\sigma_y^2}] * \{\exp[-\frac{(z-h)^2}{2\sigma_z^2}] + \exp[-\frac{(z+h)^2}{2\sigma_z^2}]\}$$

Методика «ТОКСИ» (продолжение)

Коэффициенты дисперсии

$$\sigma_x = \frac{C_3 x}{\sqrt{1 + 0{,}0001x}}$$

$$\sigma_y = \begin{cases} \sigma_x (220{,}2 * 60 + x/U) / (220{,}2 * 60 + 600), \text{ если } x/U \geq 600 \\ \sigma_x, \text{ если } x/U < 600. \end{cases}$$

$$\sigma_z = f(z_0, x) * q(x),$$

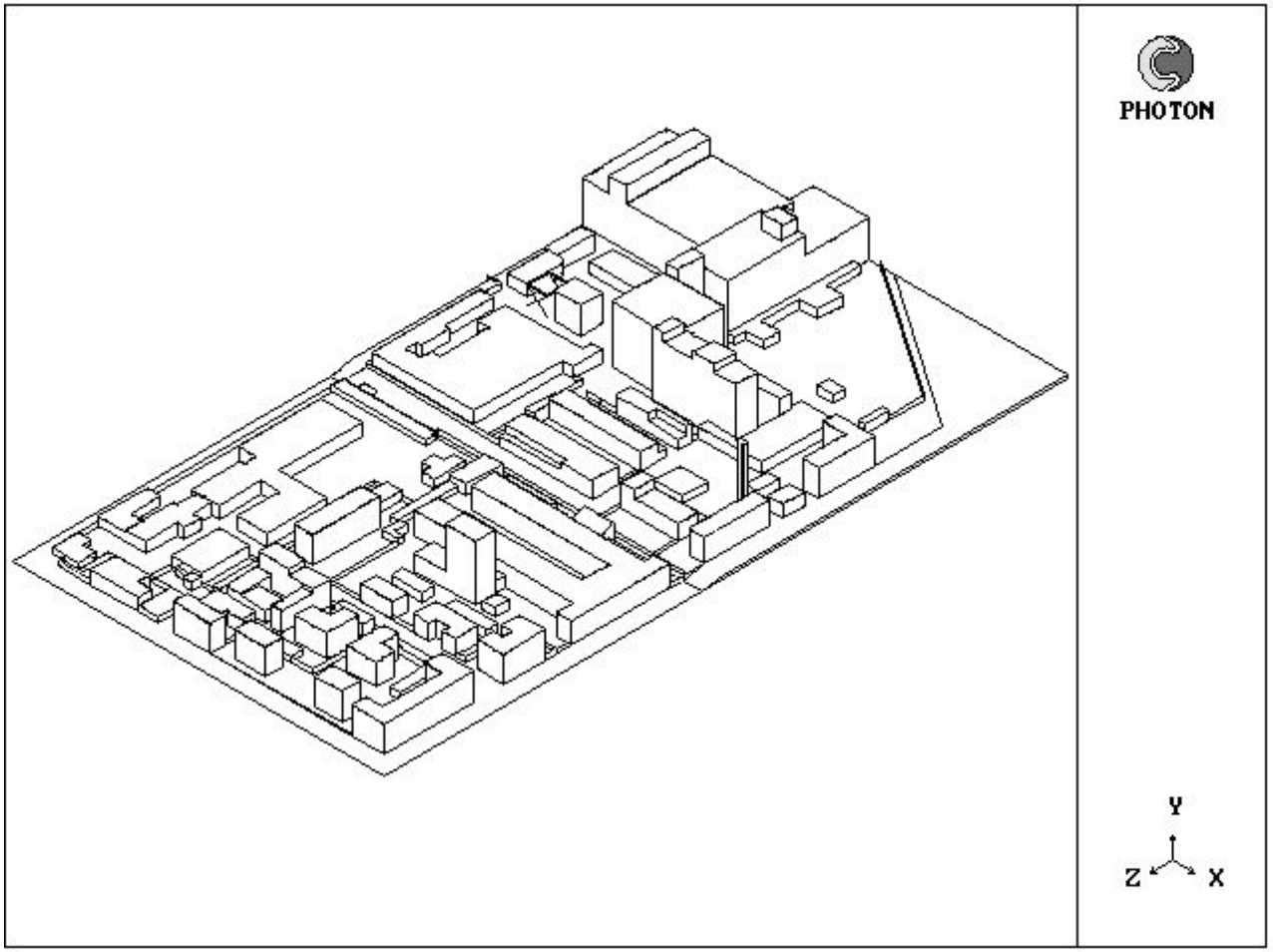
где $$q(x) = \frac{A_1 x^{B_1}}{1 + A_2 x^{B_2}};$$

z_0 – коэффициент, характеризующий шероховатость подстилающей поверхности;

Значения коэффициентов A_1, A_2, B_1, B_2, C_3 зависят от класса устойчивости атмосферы, зависящего от скорости ветра и интенсивности теплого потока у поверхности земли

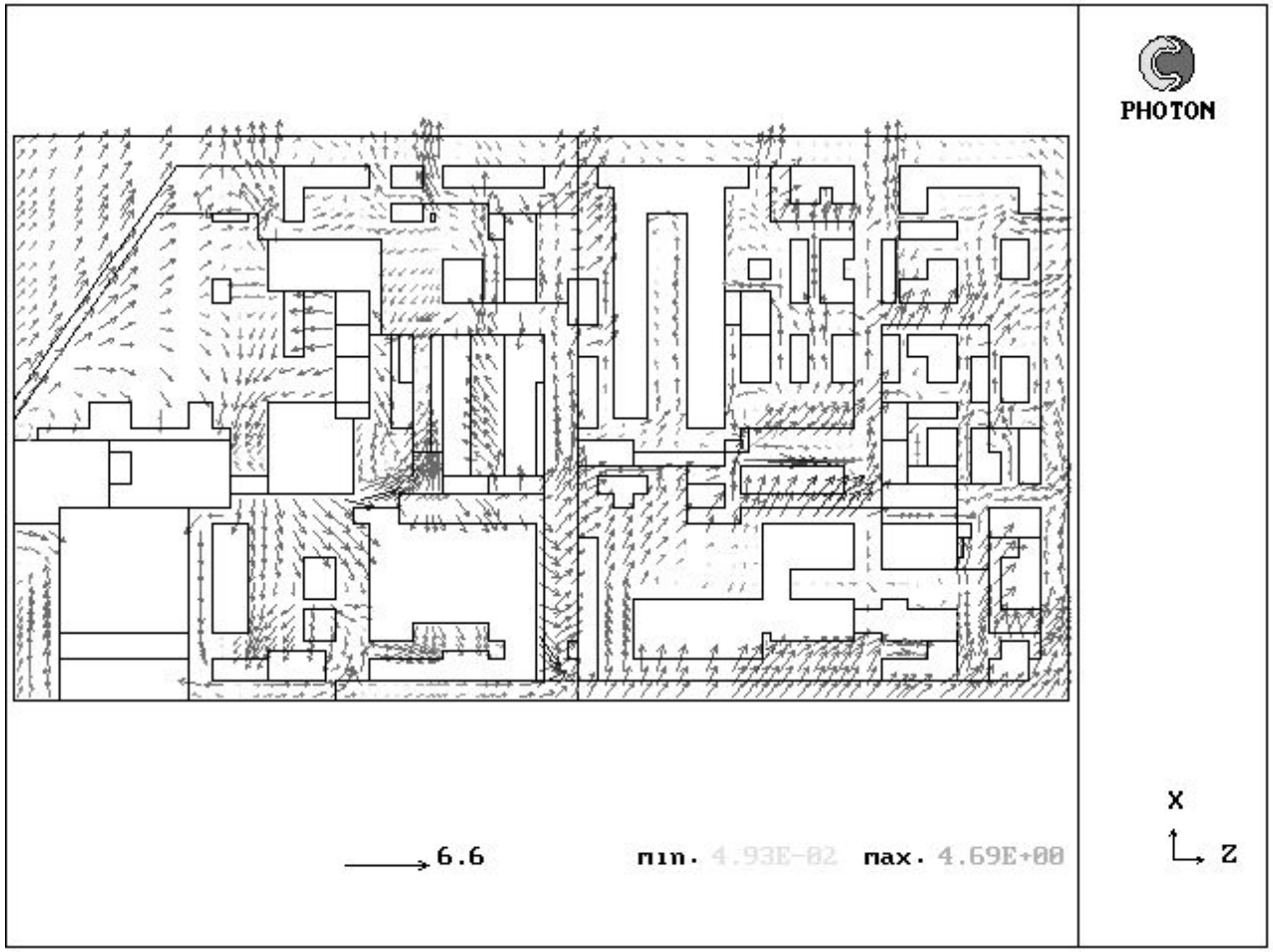
Численные методы решения

Вычислительный комплекс PHOENICS



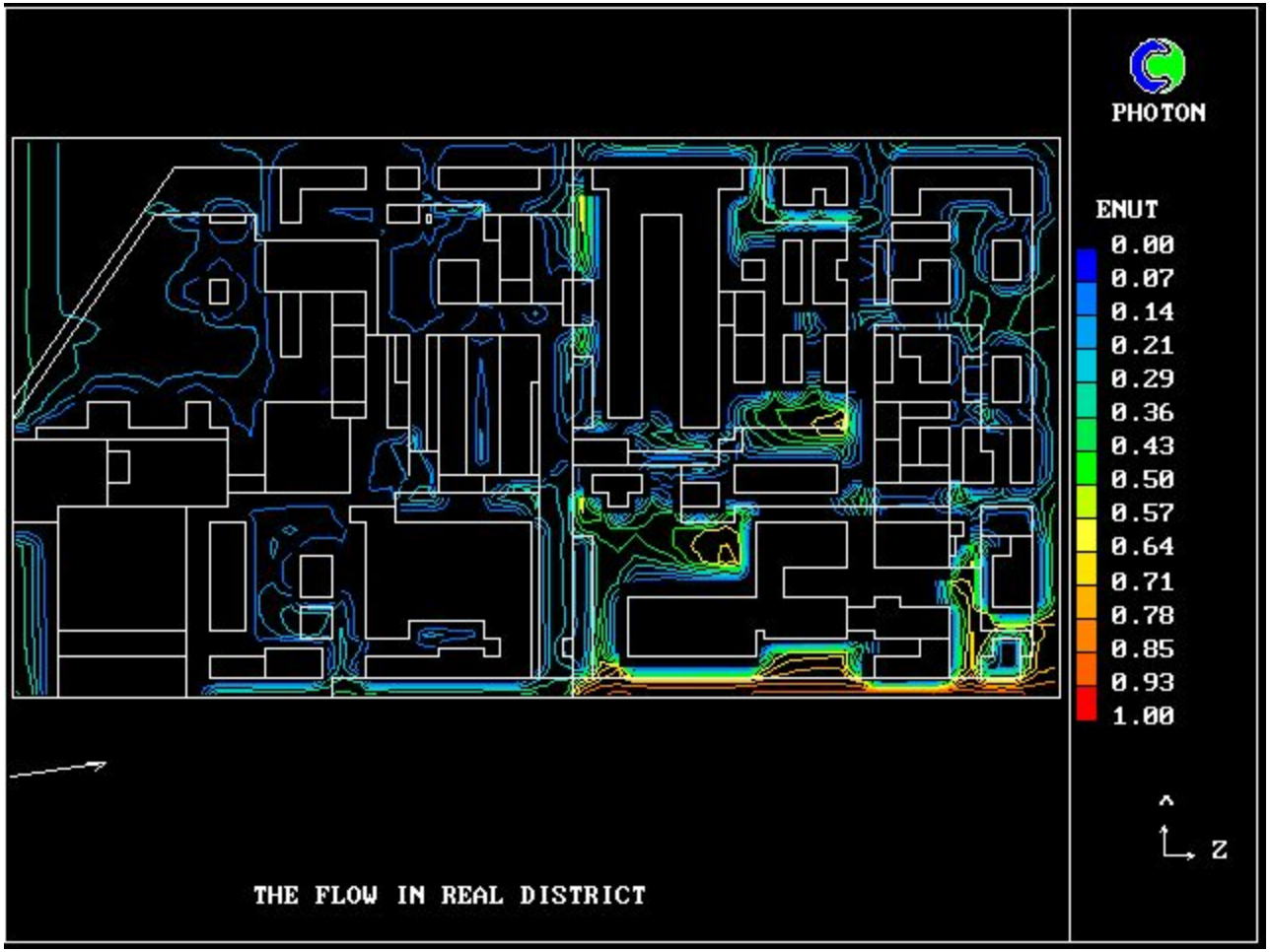
Застройка в районе мясокомбината «МИКОМС»

Вычислительный комплекс PHOENICS



Распределение векторов скорости ветра в микрорайоне

Вычислительный комплекс PHOENICS



Распределение концентрации аммиака в микрорайоне