

УДК 517:519.6

ЧИСЕЛЬНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНИХ ЗОН ПОБУДОВИ ЕКОЛОГІЧНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

Т.Ю.Благовещенська, к.ф.-м.н.

Інститут кібернетики імені В.М.Глушкова НАН України
tatyana_blag@ukr.net

В статті розглядається задача оптимального розміщення промислових підприємств за умов забезпечення санітарних норм середовища.

Blagoveshchenskaya T.Yu. Numerical simulation of determination of the ecologically dangerous objects optimal location. In the article are discussed problem of optimal location of industrial enterprises for ensuring sanitary environment criteria.

Ключові слова: ОПТИМІЗАЦІЯ, ЗАБРУДНЕННЯ, РІЗНИЦЕВІ СХЕМИ.

Keywords: OPTIMIZATION, POLLUTION, FINITE-DIFFERENCE SCHEME.

При моделюванні процесів міграції забруднення в атмосфері базовим є тривимірне рівняння конвективної дифузії [1, 2]

$$\begin{aligned} & \frac{\partial C}{\partial t} + u \frac{\partial C}{\partial x} + v \frac{\partial C}{\partial y} + w \frac{\partial C}{\partial z} + \sigma C = \\ & = \frac{\partial}{\partial x} \left(\mu_1 \frac{\partial C}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\mu_2 \frac{\partial C}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(\mu_3 \frac{\partial C}{\partial z} \right) + f(x, y, z, t), \quad (1) \end{aligned}$$

де $C(x, y, z, t)$ – концентрація домішки, (u, v, w) – компоненти вектора швидкості повітряних мас \mathbf{V} , σ – коефіцієнт трансформації домішки, $\mu = (\mu_1, \mu_2, \mu_3)$ – коефіцієнти турбулентної дифузії, $f(x, y, z, t)$ – функція джерел забруднення.

Початкові та крайові умови

$$C(x, y, z, 0) = 0, \quad (2)$$

$$C(x, y, z, t) \Big|_{x, y \rightarrow \pm\infty, z \rightarrow \infty} = 0, \quad \frac{\partial C(x, y, z, t)}{\partial z} = 0, \quad z = 0. \quad (3)$$

Для вибору місця розміщення підприємства використаємо метод побудови спряженої задачі запропонований Г.І.Марчуком [2]. Розглянемо задачу стосовно об'єктів, для яких характерна відсутність стаціонарних викидів, але при ймовірних аваріях можуть відбутися залпові аерозольні викиди в повітря. Тобто, в момент часу t_i

$$f(x, y, z, t) = Q \delta(x - x_i) \delta(y - y_i) \delta(z - z_i) \delta(t - t_i), \quad (4)$$

де Q – інтенсивність викиду; $\delta(\cdot)$ – дельта-функція Дірака; (x_i, y_i, z_i) – координати точкового джерела. Нехай для кожної з охоронних зон (житлових масивів) $(x_k, y_k, z_k), k = \overline{1, K}$ відомий проміжок часу τ_k необхідний для проведення аварійних заходів. Запишемо умову оптимізації таким чином, щоб концентрація забруднення в охоронній зоні, на час необхідний для здійснення аварійних заходів, не перевищувала санітарної норми

$$\sum_{k=1}^K A_k C(x_k, y_k, z_k, t < \tau_k) < E, \quad (5)$$

де $A_k, k = \overline{1, K}$ – вагові коефіцієнти, що задають особливості кожної охоронної зони, $\sum_{k=1}^K A_k = 1$.

Розглянемо функцію $C^*(x, y, z, t)$, яка задовольняє початковій умові

$$C^*(x, y, z, t = \tau_m) = 0, \quad \text{де } \tau_m = \max(\tau_1, \tau_2, \dots, \tau_K) \quad (6)$$

та крайовим умовам (3). Тоді, згідно [2], для розв'язання задачі оптимізації розміщення підприємства достатньо знайти розв'язок $C^*(x, y, z, \tau)$ початково-крайової задачі визначеної рівнянням вигляду (1), з правою частиною

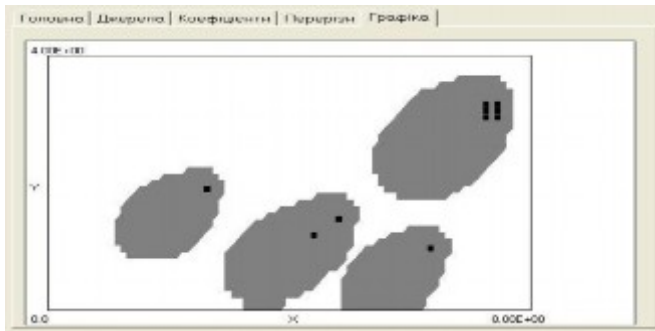
$$f(x, y, z, \tau) = \sum_{k=1}^K \begin{cases} A_k, & \text{якщо } x = x_k, y = y_k, z = z_k, \tau \in (0, \tau_m - \tau_k), \\ 0, & \text{в інших випадках,} \end{cases}$$

де $\tau = \tau_m - t$, та початково-крайовими умовами (3), (6).

Для розв'язання цієї задачі застосуємо різницеву схему розщеплення та обчислення за допомогою явних схем біжучої хвилі [3]. Область можливого розміщення підприємства знаходимо з розв'язку нерівності

$$C^*(\xi, \eta, \vartheta, \tau = \tau_m) < E/Q.$$

На малюнку нижче представлені результати чисельного моделювання. Охоронними зонами є 10 населених пунктів. Сірим кольором виділено місця де будівництво заборонено.



В доповіді розглядається програмно реалізований чисельний алгоритм вибору оптимальних зон побудови промислових підприємств. Для розв'язання багатовимірних нестационарних рівнянь застосовано різницеву схему біжучої хвилі.

Література

1. Згуровский М.З., Скопецкий В.В., Хрущ В.К., Беляев Н.Н. Численное моделирование распространения загрязнения в окружающей среде. – Киев: Наук. думка, 1997. – 368 с.
2. Марчук Г.И. Сопряженные уравнения и анализ сложных систем. – М.: Наука, 1992. – 335 с.
3. Гладкий А.В., Благовещенская Т.Ю, Богаенко В.А. Алгоритмы параллельной реализации методов расщепления в задачах переноса загрязнений в атмосфере // Проблемы управления и информатики. – 2014. – №5. – С.134–146.