

*Росоха С.В., д-р техн. наук, проф., НУЦЗУ,
Шаповалов О.І., викл., АБВ МВС України*

МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ОПТИМІЗАЦІЇ РОЗМІЩЕННЯ ПОЖЕЖНО-РЯТУВАЛЬНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ПІДВИЩЕНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ТА ПОТЕНЦІЙНО НЕБЕЗПЕЧНИХ ОБ'ЄКТІВ

(представлено д-ром техн. наук Куценком Л.М.)

В роботі наведено постановку задачі та розроблено математичну модель визначення оптимальної кількості та місць розташування пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів. Показано підхід до формалізації обмежень задачі.

Ключові слова: математична модель, об'єкт підвищеної небезпеки

Постановка проблеми. На теперішній час загроза природно-техногенних катастроф постійно зростає. За останні 30 років кількість руйнівних стихійних лих і техногенних аварій, екологічних катастроф, які спричинили матеріальні збитки вищі за 1% річного валового продукту, збільшилась більше ніж у чотири рази.

Метою природно-техногенної сфери національної безпеки нашої держави є захист людини, суспільства та держави в цілому від природних і техногенних катастроф, а її завдання - зниження ризику виникнення надзвичайних ситуацій (НС), захист та життєзабезпечення населення і територій, термінове і своєчасне реагування на надзвичайні ситуації та ліквідація їх наслідків. Одним із важливих завдань у сфері цивільного захисту населення і територій є забезпечення ефективного реагування на надзвичайні ситуації на об'єктах підвищеної небезпеки (ОПН) та потенційно небезпечних об'єктах (ПНО), оскільки дані НС можуть мати катастрофічні наслідки. Особливо це стосується ОПН та ПНО, які розташовані у сільській місцевості, оскільки час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів на місце НС може сягати до 1 години. Більш того, не завжди може бути своєчасно реалізований відповідний номер виклику у випадку аварії на ОПН та ПНО. В зв'язку з цим,

Математична модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів

існує актуальна проблема підвищення ефективності реагування на НС (зокрема, пожежі), що можуть виникнути на об'єктах підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктах.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відповідно до [1], об'єкт підвищеної небезпеки – це об'єкт, на якому використовуються, виготовляються, переробляються, зберігаються або транспортуються одна або кілька небезпечних речовин чи категорій речовин у кількості, що дорівнює або перевищує нормативно встановлені порогові маси, а також інші об'єкти як такі, що відповідно до закону є реальною загрозою виникнення надзвичайної ситуації техногенного та природного характеру. Також в [1] розглянуті питання ідентифікації ОПН, декларації безпеки, розробки плану локалізації і ліквідації аварій на ОПН тощо. Питання ідентифікації, паспортизації та моніторингу ПНО визначені в [2-4]. Разом з тим, на сьогоднішній день дослідження щодо забезпечення ефективного реагування на НС, що можуть виникнути на ОПН та ПНО (особливо у сільській місцевості) не проводились.

Постановка завдання та його вирішення. Метою даної роботи є побудова математичної моделі оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів.

Розглянемо постановку даної задачі. Нехай задано область S_0 , в якій знаходяться об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти S_d , $d = 1, \dots, D$. Область S_0 може бути задана у вигляді багатокутника у власній системі координат. Об'єкти підвищеної небезпеки та потенційно небезпечні об'єкти являють собою точки, положення яких визначаються в системі координат об'єкта S_0 . Область S_0 має об'єкти заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$, в яких неприпустимо розміщувати пожежно-рятувальні підрозділи. Необхідно покрити область S_0 мінімальною кількістю районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів P_i , $i = 1, \dots, N$ (дані райони являють собою багатокутники зі змінними метричними характеристиками), так, щоб виконувались наступні обмеження:

- мінімум площі перетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів;
- належність районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів області S_0 ;

- мінімум площі перетину районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів з областями заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$;

- належність об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів S_d , $d = 1, \dots, D$, області перетину M_d районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів, що забезпечують реагування на аварію (пожежу) на ОПН або ПНО відповідно до номеру виклику.

- час прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до найвіддаленішої точки району виїзду P_i , $i = 1, \dots, N$, має не перевищувати заданого T^* ;

- розміщення пожежно-рятувальних підрозділів здійснюється у населених пунктах, де кількість населення перевищує задане значення C^* .

Очевидно, що дана задача являє собою задачу оптимального покриття області S_0 геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками P_i , $i = 1, \dots, N$, з урахуванням «центрів тяжіння» S_d , $d = 1, \dots, D$.

Математична модель оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки, може бути записана за допомогою модифікованої ω -функції покриття

$$u^* = \arg \min_{u \in W} N(u); u = \{m_i; v_i\}; i = 1, \dots, N; \quad (1)$$

де W

$$\omega \left(m_N, m_0, v_N, v_0 \right) = S^0; \quad (2)$$

$$\omega(m_i, m_j, v_i, v_j) \rightarrow \min; \quad (3)$$

$$i = 1, \dots, N; j = i + 1, \dots, N;$$

$$\omega(m_i, m_{cS_0}, v_i, v_{cS_0}) \rightarrow \min; \quad (4)$$

$$i = 1, \dots, N; S_0 \cup cS_0 = R^2;$$

$$\omega(m_i, m_\xi, v_i, v_\xi) \rightarrow \min; \quad (5)$$

$$i = 1, \dots, N; \xi = 1, \dots, L;$$

$$S_d \in \bigcap_{k=1}^{M_d} P'_k; d = 1, \dots, D; P'_k \in \{P_i\}, i = 1, \dots, N; \quad (6)$$

$$T(P_i) \leq T^*; i = 1, \dots, N; \quad (7)$$

$$C(v_i) \geq C^*; i = 1, \dots, N. \quad (8)$$

В моделі (1)÷(8) вираз (1) являє собою цільову функцію задачі, при цьому m_i - метричні характеристики об'єктів P_i , $i = 1, \dots, N$ (наприклад, координати вершин багатокутників в локальній системі координат), v_i - параметри розміщення об'єктів P_i (положення локальної системи координат i -го об'єкта в глобальній системі координат) [5]; вираз (2) являє собою умову покриття всієї області S_0 , m_N і v_N , відповідно, $\bigcup_{i=1}^N P_i$ і $\bigcup_{i=1}^N P_i$,

метричні характеристики та параметри розміщення об'єкта $\bigcup_{i=1}^N P_i$, m_0 і v_0 - метричні характеристики і параметри розміщення області S_0 , S^0 - площа об'єкта S_0 ; вираз (3) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів P_i та P_j ; вираз (4) – умова мінімуму перетину об'єктів P_i з доповненням області S_0 до евклідового простору R^2 ; вираз (5) – умова мінімуму взаємного перетину об'єктів P_i з областями заборони L_ξ , $\xi = 1, \dots, L$; вираз (6) – умова належності об'єктів S_d , $d = 1, \dots, D$, області перетину об'єктів P'_k , що належать множині об'єктів P_i ; вираз (7) – умова щодо припустимого часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику; вираз (8) – умова розміщення пожежно-рятувальних підрозділів у відповідних населених пунктах.

У якості приклада розглянемо такий об'єкт, як ПАТ «Авдіївський коксохімічний завод», що являє собою найбільше коксохімічне підприємство у Європі, розташоване в місті Авдіївці Донецької області.

Загальна територія ПАТ «Авдіївський коксохімічний завод» складає 339,9 гектара. Пожежну небезпеку даного об'єкта обумовлюють:

- складність промислових установок, які представляють собою компактні побудови великої висоти з системами контрольно-вимірювальних приладів і автоматики;
- значна кількість легкозаймистих і горючих рідин, горючих газів, твердих горючих матеріалів, які є пожежонебезпечними;
- велика кількість емностей і апаратів, в яких знаходяться пожежонебезпечні продукти під великим тиском і при високій температурі, розгалужена мережа трубопроводів з численною запірною-пусковою і регулюючою арматурою, контрольно-вимірювальними приладами;
- висока теплота згоряння і велика швидкість вигорання речовин і матеріалів, які знаходяться на підприємстві.

Слід зазначити, що при аварії або пожежі на ПАТ «Авдіївський коксохімічний завод» здійснюється реагування за 3-м або 4-м номером виклику, що відповідає особливо важливим об'єктам, об'єктам з вибухо-пожежонебезпечними виробництвами тощо. За 3-м номером виклику мають залучатися 6-9 відділень на основних пожежно-рятувальних автомобілях. 4-й номер виклику встановлюється керівником гасіння пожежі безпосередньо з місця пожежі, якщо для її ліквідації недостатньо сил та засобів, що зосереджені за 3-м номером виклику. При цьому додатково залучаються ще 4-6 відділень з найближчих пожежно-рятувальних підрозділів.

Що стосується ПАТ «Авдіївський коксохімічний завод», то для його захисту функціонує ДПРЧ-15, при цьому в м. Авдіївка розташована ДПРЧ-13. Аналіз сил та засобів в зазначених пожежно-рятувальних частинах дозволяє зробити висновок про необхідність додаткового залучення сил у випадку аварії або пожежі на ПАТ «Авдіївський коксохімічний завод». Таким чином, для даного об'єкта у виразі (6) $M_d = 4$, а модель (1)÷(8) дозволить визначити припустимі місця розташування додаткових підрозділів місцевої пожежної охорони. Більш того, створення даних підрозділів відповідає положенням Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2011-2015 рр. (Розпорядження Кабінету Міністрів України від 29.12.2010 р. № 2348-р).

Слід відзначити, що аналіз об'єкту захисту S_0 разом з об'єктами S_d , $d=1, \dots, D$, дозволить конкретизувати математичну модель (1)÷(8). Дослідження особливостей зазначеної математичної моделі дозволить побудувати область припустимих розв'язків задачі оптимізації розміщення пожежно-рятувальних підрозділів для захисту ОПН та ПНО, а також розробити обґрунтований метод розв'язання даної задачі.

Що стосується аналітичного подання обмежень (2)÷(5), то воно може бути здійснено за допомогою наступної функції [6]

$$\omega_{\Omega} = \begin{cases} \frac{1}{2} \left[x_{2,1} \cdot (y_{2,n} - y_{2,2}) + \sum_{i=2}^{n-1} x_{2,i} \cdot (y_{2,i-1} - y_{2,i+1}) + \right. \\ \quad \left. + x_{2,n} \cdot (y_{2,n-1} - y_{2,1}) \right], & \text{при } S_1 \cap S_2 = S_2; \\ \frac{1}{2} \left[x_{A_1} \cdot (y_{n_{A_p}}^{A_p} - y_1^{A_1}) + \dots + x_{n_{A_1}}^{A_1} \cdot (y_{n_{A_1}-1}^{A_1} - y_{A_2}) + \right. \\ \quad \left. + x_{A_2} \cdot (y_{n_{A_1}}^{A_1} - y_1^{A_2}) + \dots \right. \\ \quad \left. + x_{n_{A_p}}^{A_p} \cdot (y_{n_{A_p}-1}^{A_p} - y_{A_1}) \right], & \text{при } S_1 \cap S_2 \neq \emptyset; \\ 0, & \text{при } S_1 \cap S_2 = \emptyset. \end{cases} \quad (9)$$

Геометрична інтерпретація виразу (9) наведена на рис. 1

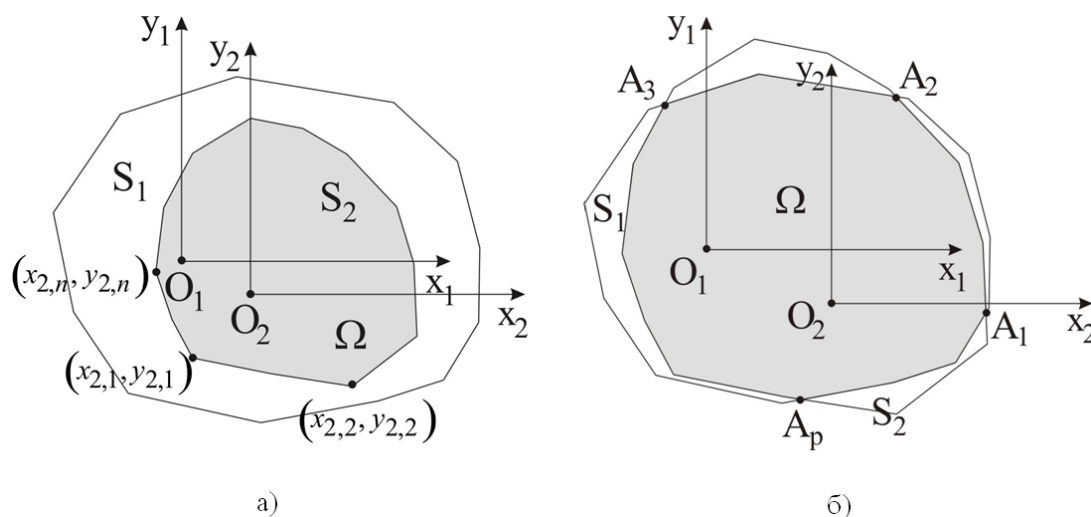


Рис. 1 – Геометрична інтерпретація ω -функції покриття

Висновки. В даній роботі здійснено постановку та розроблено математичну модель оптимізації розміщення пожеж-

но-рятувальних підрозділів для захисту об'єктів підвищеної небезпеки та потенційно небезпечних об'єктів. Показано, що дана задача відноситься до класу задач оптимізаційного геометричного проектування, а саме, до задач оптимального покриття заданих об'єктів з урахуванням «центрів тяжіння». Подальші дослідження будуть спрямовані на аналіз області припустимих розв'язків та розробку метода розв'язання даної задачі.

ЛІТЕРАТУРА

1. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки».
2. Наказ МНС України від 23.02.2006 р. №98 «Про затвердження Методики ідентифікації потенційно небезпечних об'єктів».
3. Наказ МНС України від 18.12.2000 р. №338 «Про затвердження Положення про паспортизацію потенційно небезпечних об'єктів».
4. Наказ МНС України від 06.11.2003 р. №425 «Про затвердження Положення про моніторинг потенційно небезпечних об'єктів».
5. Стоян Ю.Г. Математические модели и оптимизационные методы геометрического проектирования / Ю.Г. Стоян, С.В. Яковлев. – К.: Наук. думка, 1986. – 265 с.
6. Собина В.О. Раціональне покриття заданих областей геометричними об'єктами зі змінними метричними характеристиками: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 05.01.01 «Прикладна геометрія, інженерна графіка» / В.О. Собина. – Мелітополь, 2012. – 22 с.

Росоха С.В., Шаповалов А.И.

Математическая модель оптимизации размещения пожарно-спасательных подразделений для защиты объектов повышенной опасности и потенциально опасных объектов

В работе приведена постановка задачи, а также разработана математическая модель определения оптимального количества и мест размещения пожарно-спасательных подразделений для защиты объектов повышенной опасности и потенциально опасных объектов. Показан подход к формализации ограничений задачи.

Ключевые слова: математическая модель, объект повышенной опасности

Rosokha S.V., Shapovalov A.I.

Mathematical model of optimum placement fire and rescue services for high-risk and potentially dangerous objects protection

In this paper the problem statement and mathematical model of definition the optimum number and placement fire and rescue services for high-risk and potentially dangerous objects protection are considered. Approach to formalization restrictions of the problem is shown.

Key words: mathematical model, high-risk object

УДК 502.5+614.7:049.3

*Рибалова О.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Белан С.В., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ,
Артем'єв С.Р., канд. техн. наук, доц., НУЦЗУ*

**ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОГО РИЗИКУ ПОГІРШЕННЯ СТАНУ
АТМОСФЕРНОГО ПОВІТРЯ З УРАХУВАННЯМ ХІМІЧНОЇ
НЕБЕЗПЕКИ РЕГІОНІВ УКРАЇНИ**

(представлено д-ром техн. наук Басмановим О.Є.)

З метою визначення рівня небезпеки життєдіяльності населення в статті представлено новий підхід до оцінки екологічного ризику погіршення стану атмосферного повітря при збереженні існуючих тенденцій антропогенного навантаження та можливості виникнення надзвичайних ситуацій техногенного характеру. За представленою методикою вперше розраховано макроекологічні показники сучасного стану атмосферного повітря, антропогенного впливу та ступеню хімічної небезпеки в Україні. Визначено регіони України з високим рівнем екологічної та хімічної небезпеки.

Ключові слова: екологічний ризик, атмосферне повітря, надзвичайні ситуації, хімічна небезпека, регіони України

Постановка проблеми. За даними статистики в Україні за останнє десятиріччя виникає від 110 до 140 надзвичайних ситуацій природного характеру і збитки від них становлять 80% - 90% від суми збитків внаслідок всіх надзвичайних ситуацій [1]. Таким чином, екологічні проблеми представляють собою важливий чинник виникнення надзвичайних ситуацій. Іншим суттєвим чинником виникнення надзвичайних ситуацій є зношеність і застарілість технологічного обладнан-