

УДК 351.861:514.18

*Комяк В.М., д-р техн. наук, проф., УЦЗУ,
Соболь О.М., д-р техн. наук, нач. каф., УЦЗУ,
Коссе А.Г., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Собина В.О., викл., УЦЗУ*

ОСОБЛИВОСТІ ЗАГАЛЬНОЇ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ ВИЗНАЧЕННЯ РАЦІОНАЛЬНОЇ КІЬКОСТІ ТА МІСЦЬ РОЗТАШУВАННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЦІ

Наведено загальну математичну модель визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту. Досліджено особливості загальної математичної моделі.

Ключові слова: загальна математична модель, оперативні підрозділи, об'єкти залізниці

Постановка проблеми. Залізничний транспорт відіграє значну роль у економіці країни, оскільки від його роботи залежить розвиток та нормальне функціонування підприємств промисловості, сільського господарства та ін. Найважливішою вимогою до роботи залізниці є забезпечення безпеки руху поїздів, безпеки пасажирів та обслуговуючого персоналу і т.д. Але слід зауважити, що на теперішній час зношеність основних фондів залізниці складає майже 85% [1]. Більш того, резонансні надзвичайні ситуації, що сталися на залізниці в останні роки [2], свідчать про те, що існує актуальна науково-прикладна проблема підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Однією із задач, розв'язання якої сприятиме вирішенню проблеми підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту, є задача визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці. Постановку даної задачі наведено в роботі [3]. Основні підходи до формалізації обмежень в задачах раціонального розміщення оперативних підрозділів служби цивільного захисту розглянуто, наприклад, в роботах [4, 5, 6]. Використання зазначених підходів

до формалізації обмежень, наведених в [3], дозволить розробити загальну математичну модель даної задачі.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою даної роботи є розробка та дослідження особливостей загальної математичної моделі визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці.

Дана модель має наступний вигляд

$$N(s_1, \dots, s_N, m_1^1, m_2^1, \dots, m_1^N, m_2^N) \rightarrow \min_W, \quad (1)$$

де W

$$\xi_0^\Sigma(S_0, S_1, \dots, S_N) = S^\Sigma - S^{\Sigma 0} = 0, \quad (2)$$

$$S^\Sigma = S\left(\left(\bigcup_{q=1}^N S_q\right) \cap cS_0\right), \quad S^{\Sigma 0} = 0, \quad (3)$$

$$\xi_0^{ij}(S_i, S_j) = S^{ij} - S^{ij0} = 0, \quad i > j = 1, 2, \dots, N', \quad (4)$$

$$S^{ij} = S(S_i \cap S_j), \quad S^{ij0} = 0, \quad (5)$$

$$\xi_0^{kl}(S_k, S_l) = S^{kl} - S^{kl0} = 0, \quad k > l = N' + 1, \dots, N' + N'', \quad N' + N'' = N, \quad (6)$$

$$S^{kl} = S(S_k \cap S_l), \quad S^{kl0} = 0, \quad (7)$$

$$L_1^0 \subset \Omega, \quad \Omega = \bigcup_{q=1}^N S_q(s_q, m_1^q, m_2^q), \quad (8)$$

$$O'_\lambda(x_\lambda, y_\lambda) \in S_i(s_i, m_1^i, m_2^i), \quad i = 1, 2, \dots, N', \quad \lambda \in 1, 2, \dots, N_\lambda, \quad (9)$$

$$O_\mu(x_\mu, y_\mu) \in S_q(s_q, m_1^q, m_2^q), \quad q \in 1, 2, \dots, N, \quad \mu = 1, 2, \dots, N_\mu, \quad (10)$$

$$\xi_0^{i\chi}(S_i, S_\chi) = S^{i\chi} - S^{i\chi 0} = 0, \quad i = 1, 2, \dots, N', \quad \chi = 1, 2, \dots, N'_\chi, \quad (11)$$

$$S^{i\chi} = S(S_i \cap S_\chi), S^{i\chi 0} = 0, \quad (12)$$

$$\begin{aligned} \xi_0^{k\delta}(S_k, S_\delta) &= S^{k\delta} - S^{k\delta 0} = 0, \quad k = N' + 1, \dots, N' + N'', \\ \delta &= N'_\chi + 1, \dots, N'_\chi + N''_\delta, \end{aligned} \quad (13)$$

$$S^{k\delta} = S(S_k \cap S_\delta), S^{k\delta 0} = 0, \quad (14)$$

$$\xi_1^i(s_i, m_1^i, m_2^i) = L_1^i(S^i) - T_1^* \leq 0, \quad i = 1, 2, \dots, N', \quad (15)$$

$$\xi_2^k(s_k, m_1^k, m_2^k) = L_2^k(S^k) - T_2^* \leq 0, \quad k = N' + 1, \dots, N' + N''. \quad (16)$$

Тут N' - кількість підрозділів воєнізованої охорони на залізниці; N'' - кількість пожежно-рятувальних підрозділів; $S(\cdot)$ - функція обчислення площі; cS_0 - доповнення об'єкту S_0 до простору R^2 ; s_q і $\{m_1^q, m_2^q\}$ - форми та метричні характеристики районів виїзду підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів S_q ; $m_2^q = m_2^q(L_1^q, L_2^q)$, L_1^q - ділянка залізниці, що належить S_q , L_2^q - сітка доріг, що належить S_q ; L_1^0 - ділянка залізниці, яка підлягає захисту і належить об'єкту S_0 ; $O_\lambda(x_\lambda, y_\lambda)$ - місця розташування станцій, що мають експлуатаційний парк локомотивів; $O_\mu(x_\mu, y_\mu)$ - місця розташування об'єктів підвищеної небезпеки; N'_χ - кількість існуючих підрозділів воєнізованої охорони на залізниці; N''_δ - кількість існуючих пожежно-рятувальних підрозділів; $L_1^i(S^i)$ - час слідування i -го підрозділу воєнізованої охорони на залізниці до місця виникнення надзвичайної події; T_1^* - максимальний час слідування підрозділу воєнізованої охорони на залізниці до місця виникнення надзвичайної події; $L_2^k(S^k)$ - час слідування k -го пожежно-рятувального підрозділу до місця виникнення надзвичайної події; T_2^* - максимальний час слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виникнення надзвичайної події.

Таким чином, необхідно визначити мінімальну кількість та місця розташування оперативних підрозділів (1) з урахуванням обмежень на:

- належність районів виїзду оперативних підрозділів області S_0 (2)÷(3);
- неперетин ділянок виїзду підрозділів воєнізованої охорони на залізниці (4)÷(5);
- неперетин районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів (6)÷(7);
- належність відповідної ділянки залізниці району функціонування оперативного підрозділу цивільного захисту (8);
- розміщення пожежних поїздів на станціях, які мають експлуатаційний парк локомотивів (9);
- належність об'єктів підвищеної небезпеки районам функціонування оперативних підрозділів цивільного захисту (10);
- наявність існуючих підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів (11)÷(14);
- наявність під'їзних шляхів до відповідних ділянок залізниці (15)÷(16).

Необхідно відзначити, що для формалізації обмежень (2)÷(16) використано математичний апарат ξ - функцій [4].

Розглянемо особливості математичної моделі (1)÷(16). Так, цільова функція (1) є алгоритмічною, а обмеження (2)÷(16), в загальному випадку, нелінійними. Якщо задача (1)÷(16) розв'язується без урахування існуючих оперативних підрозділів та їх місць розташування, то із системи обмежень мають бути виключеними обмеження (11)÷(14).

Розглянемо випадок, коли необхідно мінімізувати видатки на утримання підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів. Тоді цільова функція даної задачі має наступний вигляд

$$Q(S_1, \dots, S_N) \rightarrow \min_W, \quad (17)$$

де W визначається системою обмежень (2)÷(16). Тут $Q(S_1, \dots, S_N)$ - функціонал, що являє собою видатки на утримання N оперативних підрозділів служби цивільного захисту.

Якщо необхідно максимізувати покриття залізниці районами функціонування оперативних підрозділів з урахуванням видатків на утримання даних підрозділів, то цільова функція в даному випадку має наступний вигляд

$$(L_1^0)' \rightarrow \max_W, \quad (18)$$

де W визначається системою обмежень (2)÷(7), (9)÷(16), з додаванням наступного

$$\sum_{q=1}^N Q_q(S_q) \leq Q. \quad (19)$$

Необхідно відзначити, що $(L_1^0)' = L_1^0 \cap \left(\bigcup_{q=1}^N S_q(s_q, m_1^q, m_2^q) \right)$,

$$(L_1^0)' \subset L_1^0.$$

Висновки. В даній роботі наведено загальну математичну модель визначення раціональної кількості та місць розташування підрозділів воєнізованої охорони на залізниці та пожежно-рятувальних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізниці від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру. Розглянуто особливості загальної математичної моделі, зокрема наведено модифікації математичної моделі для різних постановок задачі. Таким чином, розробка та дослідження особливостей загальної математичної моделі дозволить в подальшому здійснити побудову областей припустимих розв'язків та розробити обґрунтований метод розв'язання задачі визначення раціональної кількості та місць розташування оперативних підрозділів для захисту об'єктів залізниці.

ЛІТЕРАТУРА

1. Юхимчук С.В. Моделі автоматизації вироблення рекомендацій керівнику гасіння пожежі на залізничному транспорті: Монографія / Юхимчук С.В., Кацман М.Д.: Вінницький національний технічний університет. – Вінниця: УНІВЕРСУМ-Вінниця, 2008.–144 с.

2. Інформаційний бюлетень. Про надзвичайні ситуації техногенного та природного характеру в Україні у 2007 році (державний і регіональний рівні). Дії органів управління та сил цивільного захисту з ліквідації надзвичайних ситуацій. - №1, 2007.
3. Комяк В.М. Постановка задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту / В.М. Комяк, О.М. Соболев, В.О. Собина // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. – Харків, 2009. – Вип. 9. – С. 56-62.
4. Садковий В.П. Раціональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: Монографія / Садковий В.П., Комяк В.М., Соболев О.М.: Ун-т цивільного захисту України. – Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2008. – 174 с.
5. Коссе А.Г. Метод раціонального розміщення пожежних депо при проектуванні і оновленні районів міста: автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук: спец. 21.06.02 «Пожежна безпека» / А.Г. Коссе. – Харків, 2001. – 19 с.
6. Комяк В.М. Раціональне розбиття міста на райони функціонування захисних споруд / В.М. Комяк, О.М. Соболев, А.Г. Коссе // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. УЦЗ України. – Харків, 2007. – Вип.6. – С. 74-79.