

УДК 351.861:514.18

*Комяк В.М., д-р техн. наук, проф., УЦЗУ,
Соболь О.М., канд. техн. наук, доц., УЦЗУ,
Собина В.О., викл., УЦЗУ*

ПОСТАНОВКА ЗАДАЧІ РАЦІОНАЛЬНОГО РОЗМІЩЕННЯ ОПЕРАТИВНИХ ПІДРОЗДІЛІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ РУХОМОГО СКЛАДУ ТА ОБ'ЄКТІВ ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

Наведено загальну теоретико-множинну постановку задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру. Досліджено особливості зазначеної задачі.

Постановка проблеми. На теперішній час для сталого розвитку транспортного комплексу України необхідне гармонійне поєднання технічного розвитку рухомого складу та інфраструктури залізниць з розвинутою системою реагування на надзвичайні ситуації, які можуть виникнути при перевезенні небезпечних вантажів [1].

Особливо небезпечними є надзвичайні події, які супроводжуються пожежами (вибухами) цистерн з легкозаймистими і горючими рідинами та зрідженими вуглеводневими газами, а також розливанням (викиданням) горючих рідин і сильнодіючих отруйних речовин [2]. Про це свідчить також аналіз наслідків аварії на залізничному транспорті у Львівській області [3]. Чимала небезпека також від пожежі твердих горючих матеріалів у рухомому складі та на виробничих об'єктах залізничного транспорту. Більш того, гасіння пожеж на залізничному транспорті відзначається складністю в організації дій пожежно-рятувальних підрозділів, що обумовлено наявністю великої кількості вантажів, які мають різноманітні пожежо- та вибухонебезпечні властивості, необхідністю знеструмлення контактної мережі, зосередженням сил та засобів, особливо на важкодоступних ділянках залізниці, тощо.

Таким чином, 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. Роботу [1] присвячено питанням створення нової інформаційної технології автоматизації управління гасінням пожеж в рухомому складі залізниці; розробці моделі оцінювання обстановки і вироблення рішення на ліквідацію наслідків аварій, пов'язаних з деякими небезпечними вантажами та ін. В [3] наведено аналіз аварії на залізничному транспорті у Львівській області та висвітлені проблемні питання щодо ліквідації наслідків даної аварії. Гасіння пожеж на об'єктах транспорту регламентовано в [4]. В [5] наведено порядок формування, ремонту та утримання, порядок виклику, відправлення і прямування пожежних поїздів. Дослідження пожеж показує [6], що на період зосередження сил та засобів для гасіння пожежі припадає найбільша частка збитків від пожежі. Це особливо характерно для пожеж, на гасіння яких залучаються декілька оперативних підрозділів. Термін часу зосередження сил та засобів припадає у більшості випадків на той період їх вільного розвитку, коли швидкість зростання площі пожежі, швидкість вигорання або інші параметри пожежі, які визначають збитки, мають максимальні значення. Таким чином, одним із шляхів підвищення рівня захищеності рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру є зменшення часу реагування оперативних підрозділів служби цивільного захисту у випадку виникнення зазначених надзвичайних ситуацій за рахунок їх раціонального розміщення. Але слід зазначити, що задача раціонального розміщення підрозділів воєнізованої охорони на залізничному транспорті та підрозділів пожежно-рятувальної служби для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту до теперішнього часу не розглядалася.

Постановка задачі та її розв'язання. Метою даної роботи є здійснення теоретико-множинної постановки задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів (пожежних поїздів та пожежно-рятувальних підрозділів) для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру.

Аналіз літературних джерел дозволив зробити висновок про те, що пожежа (надзвичайна подія) на рухомому складі залізничного транспорту, на товарних і сортувальних станціях може супроводжуватися [4]:

- наявністю великої кількості рухомого складу з пасажирами і різними вантажами;

Постановка задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту рухомого складу та об'єктів залізничного транспорту

- швидким поширюванням вогню усередині вантажно-пасажирських вагонів, поширенням пожежі на сусідні поїзди, будівлі і споруди;
- розтіканням горючих, токсичних і отруйних рідин з цистерн і утворенням загазованих зон на прилеглій території;
- наявністю загрози людям, які знаходяться у вагонах поїзда, що горить, і сусідніх з ним поїздів, виникненням паніки;
- наявністю великої кількості залізничних колій, безперервного руху поїздів, що ускладнює під'їзд пожежних автомобілів і прокладання рукавних ліній до місця пожежі;
- складністю виявлення виду речовин, що горять, матеріалів;
- відсутністю під'їзних шляхів для пожежної техніки, віддаленістю місця пожежі від джерел водопостачання, населених пунктів, тривалим часом слідування до місця виклику;
- наявністю високовольтних мереж, що знаходяться під високою напругою.

Інакше кажучи, пожежа (надзвичайна подія) на рухомому складі та на об'єктах залізниці являє собою дуже складний процес. Для ліквідації її наслідків, в першу чергу, використовуються пожежно-рятувальні підрозділи та підрозділи воєнізованої охорони на залізниці (пожежні поїзди), що являють собою сили цивільного захисту постійної готовності. Розглянемо особливості розміщення пожежних поїздів.

Відповідно до [5], пожежні поїзди призначені для гасіння пожеж на об'єктах та в рухомому складі залізничного транспорту, а також надання допомоги при ліквідації наслідків транспортних пригод, повеней, інших стихійних лих у межах тактико-технічних можливостей. Пожежні поїзди знаходяться у віданні воєнізованої охорони, комплектуються особовим складом згідно із затвердженими Укрзалізницею штатними нормативами.

Пункти стоянки та дільниці обслуговування пожежних поїздів визначаються керівництвом залізниць. Як правило, пожежні поїзди повинні дислокуватися на великих станціях (вантажних, пасажирських, сортувальних, дільничних), на яких є експлуатаційний парк локомотивів.

Дільниця виїзду визначається, виходячи з розрахунку часу (не більше 1,5 год.), необхідного для доставки поїзда до кінцевого пункту, що обмежує дільницю.

Пожежний поїзд зі станції дислокації повинен бути відправлений не пізніше 20 хвилин із моменту отримання черговим по станції наказу на відправлення.

Пожежний поїзд повинен рухатись до місця пожежі з максимально допустимою швидкістю, з перевагою над усіма іншими поїздами.

Що стосується особливостей розміщення пожежно-рятувальних підрозділів, то даному питанню присвячено, наприклад, роботи [7,8].

Таким чином, виходячи з вищевикладеного, існує наступна задача.

Задача 1. Необхідно визначити мінімальну кількість пожежних поїздів та підрозділів пожежно-рятувальної служби для захисту об'єктів та рухомого складу залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій з урахуванням заданого часу прибуття відповідного і-го оперативного підрозділу до місця надзвичайної події (T_i).

При цьому необхідно врахувати наступні обмеження на:

- неперетин дільниць виїзду пожежних поїздів;
- неперетин районів функціонування пожежно-рятувальних підрозділів;
- належність відповідної ділянки залізниці району функціонування оперативного підрозділу служби цивільного захисту;
- розміщення пожежних поїздів на станціях, які мають експлуатаційний парк локомотивів;
- належність об'єктів підвищеної небезпеки районам функціонування оперативних підрозділів служби цивільного захисту;
- урахування під'їзних шляхів до відповідних ділянок залізниці;

Із задачі 1 витікає наступна.

Задача 2. Полягає у додатковому (у порівнянні із задачею 1) врахуванні існуючих місць розташування пожежних поїздів та пожежно-рятувальних підрозділів.

Таким чином, загальна постановка задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів та рухомого складу залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру має наступний вигляд

$$\min_W N(T_{\text{lim}}^t, T_{\text{lim}}^d), \quad (1)$$

де W

$$S_i \cap S_j = \emptyset, \quad i \neq j, \quad i, j \in \{1, 2, \dots, N_t\}; \quad (2)$$

$$S_k \cap S_l = \emptyset, \quad k \neq l, \quad k, l \in \{1, 2, \dots, N_d\}; \quad (3)$$

$$S_0 \cap \left(\bigcup_{m=1}^N S_m \right) = S_0, \quad N = N_t + N_d; \quad (4)$$

$$D_p \in S_i, \quad i = 1, 2, \dots, N_t, \quad p \in 1, 2, \dots, N_\delta; \quad (5)$$

$$O_q \in S_m, \quad m \in 1, 2, \dots, N, \quad q = 1, 2, \dots, N_o; \quad (6)$$

$$S_i \cap S_\eta = \emptyset, \quad i = 1, 2, \dots, N_t, \quad \eta = 1, 2, \dots, N'_t; \quad (7)$$

$$S_k \cap S_\mu = \emptyset, \quad k = 1, 2, \dots, N_d, \quad \mu = 1, 2, \dots, N'_d. \quad (8)$$

Тут $N(\cdot)$ - кількість відповідних оперативних підрозділів служби цивільного захисту; T_{lim}^t - максимальний час прибуття пожежного поїзду до місця виникнення надзвичайної ситуації, T_{lim}^d - максимальний час прибуття пожежно-рятувального підрозділу до місця виникнення надзвичайної події; W - область припустимих рішень задачі; S_i, S_j - райони виїзду пожежних поїздів, $i, j = 1, \dots, N_t$; S_k, S_l - райони виїзду пожежно-рятувальних підрозділів, $k, l = 1, \dots, N_d$; N_t, N_d - кількість районів виїзду відповідних оперативних підрозділів служби цивільного захисту; S_0 - територія, що підлягає захисту; D_p - станції, які мають експлуатаційний парк локомотивів, $p = 1, 2, \dots, N_\delta$; O_q - об'єкти підвищеної небезпеки, $q = 1, 2, \dots, N_o$; S_η, S_μ - існуючі райони функціонування, відповідно, пожежних поїздів та пожежно-рятувальних підрозділів; N'_t, N'_d - кількість існуючих районів виїзду відповідних оперативних підрозділів служби цивільного захисту.

Розглянемо особливості задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів та рухомого складу залізничного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій рі-

зного характеру. Так, задачу (1)-(8) можна розглянути в наступних постановках.

Задача 3.

$$\min_W Q(N), \quad (9)$$

де W описується системою обмежень (2)÷(8) з додаванням наступних

$$T_i(r) \leq T_{\text{lim}}^t, \quad i = 1, 2, \dots, n_t; \quad (10)$$

$$T_k(d) \leq T_{\text{lim}}^d, \quad k = 1, 2, \dots, n_d. \quad (11)$$

Тут $Q(N)$ - функціонал, що являє собою видатки на утримання N оперативних підрозділів служби цивільного захисту; $T_i(r)$ - час прибуття пожежного поїзду до найвіддаленішого пункту слідування, причому r - граф, який описує залізничну мережу; $T_k(d)$ - час слідування пожежно-рятувального автомобіля до найвіддаленішої точки району виїзду з урахуванням мережі шляхів, яка описується графом d .

Задача 4.

$$\min_W S'_0, \quad (12)$$

де W описується системою обмежень (2), (3), (5)÷(8), (10), (11) з додаванням наступного

$$\sum_{i=1}^m Q_i \leq Q. \quad (13)$$

Тут $S'_0 = S_0 \setminus \left(S_0 \cap \left(\bigcup_{m=1}^N S_m \right) \right)$, Q_i - видатки на утримання i -го

оперативного підрозділу служби цивільного захисту.

Висновки. В даній роботі запропоновано загальну теоретико-множинну постановку задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів для захисту об'єктів і рухомого складу залізничного транспорту

чного транспорту від наслідків надзвичайних ситуацій різного характеру. Загальна постановка та дослідження особливостей задачі раціонального розміщення оперативних підрозділів є основою для подальшої розробки математичної моделі та методу розв'язання зазначеної задачі.

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. Рекомендації з гасіння пожеж на об'єктах та в рухомому складі залізничного транспорту. – К.: Укрзалізниця, 2006. – 175 с.
3. 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.
4. Тимчасовий статут дій у надзвичайних ситуаціях. Частина II (Гасіння пожеж. Органи управління, пожежно-рятувальні підрозділи Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту). Додаток до наказу МНС від 07.02.2008 №96.
5. Положення про пожежні поїзди на залізницях України (затверджено наказом Укрзалізниці від 01.02.2006 р. №039-Ц).
6. Ключ П.П. Пожежна тактика / [Ключ П.П., Палюх В.Г., Пустовий А.С. та ін.] – Харків: Основа, 1998. – 592 с.
7. Садковий В.П. Раціональне розбиття множин при територіальному плануванні в сфері цивільного захисту: Монографія / Садковий В.П., Комяк В.М., Соболь О.М.: Ун-т цивільного захисту України. – Горлівка: ПП «Видавництво Ліхтар», 2008. – 174 с.
8. 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.
nuczu.edu.ua