УДК 614.843(075.32)

І.В. Паснак, к.т.н.; Т.Р. Царук,
Львівський державний університет безпеки життєдіяльності

МЕТОДИКА ВИБОРУ ОПТИМАЛЬНОГО МАРШРУТУ РУХУ ПОЖЕЖНОГО АВТОМОБІЛЯ

Відомо, що однією із найважливіших проблем з царини пожежної безпеки є зменшення тривалості вільного розвитку пожежі. Одним з напрямків вирішення цієї проблеми є оптимізація маршруту руху пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі.

Питанням зменшення тривалості вільного розвитку пожежі (зокрема, шляхом оптимізації тривалості слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця виклику) займалася низка вчених. Зокрема, варто відзначити роботи [1-4]. Однак, зазначені роботи мало уваги приділяють впливу особливостей улаштування вулично-дорожньої мережі (ВДМ), її характеристик та інших чинників на тривалість слідування пожежників до місця виклику. Також, при розгляді питання оптимізації маршрутів слідування з точки зору організації дорожнього руху варто взяти до уваги праці [5, 6].

Якщо розглянути карту ВДМ міста, по якій пожежний автомобіль рухається до місця виклику, то можна виокремити основні її елементи – перехрестя (транспортні вузли) та відрізки дороги (дуги), що їх з'єднують.

Як уже йшлося, в умовах сьогодення, необхідно здійснювати пошук напрямів оптимізації маршрутів руху пожежних автомобілів із урахуванням параметрів ВДМ для вирішення першочергової задачі – зменшення тривалості слідування до місця виклику із урахуванням зменшення витрат на слідування до місця виклику. В такому випадку функція мети матиме вигляд

$$\tau_{сл.} \rightarrow \min; \tag{1}$$

$$C \rightarrow \min, \tag{2}$$

де C – витрати на слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику.

Автором у роботі [7] запропонована залежність для визначення тривалості слідування пожежно-рятувального підрозділу до місця виклику з урахуванням особливостей улаштування ВДМ:

$$\tau_{сл.} = \sum_{i=1}^{m} \frac{L_{\partial i}}{V_{0i} \cdot \ln\left(\dfrac{\overline{d_i} + \overline{L_{1i}}}{\overline{B_i} + \overline{L_{1i}}}\right)} + \sum_{i=1}^{n} \tau_{н.р.п.i} + \sum_{i=1}^{k} \tau_{р.п.i} + \sum_{i=1}^{z} \tau_{п.р.р.i}, \tag{3}$$

де m – кількість дуг вулично-дорожньої мережі на маршруті слідування пожежно-рятувального підрозділу; $L_{\partial i}$ – довжина i-ої дуги; де V_{0i} – швидкість, що відповідає пропускній здатності дуги вулично-дорожньої мережі; $\overline{d_i}$ – середня дистанція між автомобілями в потоці; $\overline{L_i}$ – середня довжина автомобіля в потоці; $\overline{B_i}$ – середня величина відстані між автомобілями при заторі; n – кількість нерегульованих перехресть на маршруті слідування; $\tau_{н.р.п.i}$ – витрати часу на проїзд i-го

нерегульованого перехрестя, визначається за методикою [5]; k – кількість регульованих перехресть на маршруті слідування; $\tau_{p.n.i}$ – витрати часу на проїзд i-го регульованого перехрестя, визначається за методиками [1, 5]; z – кількість розв'язок у різних рівнях на маршруті слідування; $\tau_{n.p.p.i}$ – витрати часу на проїзд i-ої розв'язки в різних рівнях, визначається за методикою [5].

Що стосується витрат на проїзд ділянки ВДМ, то вони визначаються великою кількістю чинників. Найзначніше на ці витрати впливають такі показники, як довжина дуги, швидкість автомобіля, відносна аварійність на ділянці. З урахуванням зазначених чинників було отримано залежність для визначення витрат на проїзд ділянки ВДМ:

$$C_{I-J} = C_{зм.} l_{I-j} + C_{пост.} \frac{l_{I-J}}{V_{I-J}} + \frac{0,38 + 1,6 \cdot 10^{-4} N_{I-J}}{365 N_{I-J}} C_{ДТП}. \qquad (4)$$

де $C_{зм.}$ – змінні витрати автомобіля, грн./км; l_{I-J} – довжина дуги I-J, км; $C_{пост.}$ – постійні витрати автомобіля, грн./год; V_{I-J} – середня швидкість автомобіля на ділянці I-J, км/год; N_{I-J} – добова інтенсивність руху транспортних потоків на дузі I-J та I-му перехресті, з якого дуга бере початок, авт./добу; $C_{ДТП}$ – середній народногосподарський збиток від одного ДТП, грн.

Для вибору оптимального маршруту руху пожежного автомобіля за критеріями (1), (2) на основі залежностей (3), (4) була розроблена імітаційна модель (рис. 1).

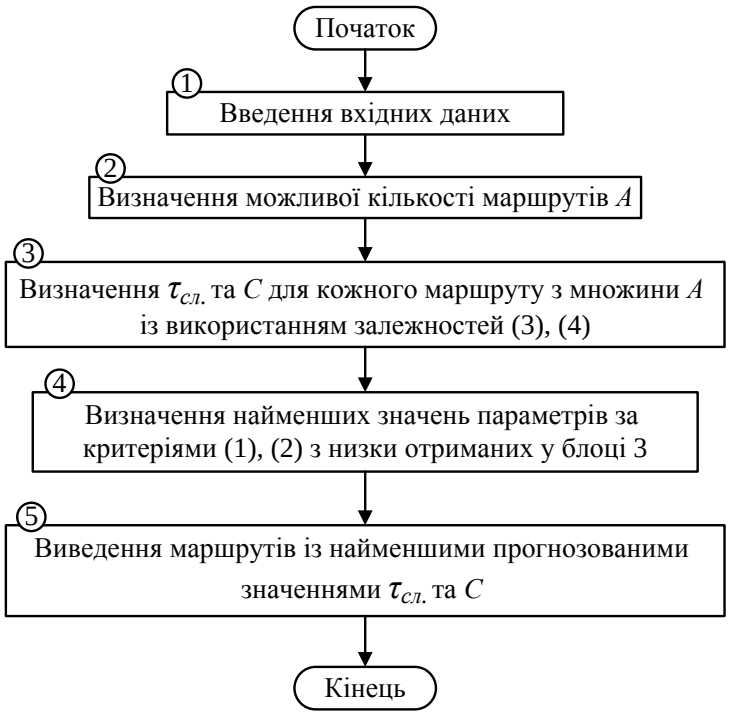

Рисунок 1 – Структурна схема імітаційної моделі вибору оптимальних маршрутів руху пожежного автомобіля за критеріями (1), (2)

Розглянемо послідовність виконання операцій запропонованої імітаційної моделі (рис. 1). Спочатку в блок 1 необхідно ввести вхідні дані, що являють собою координати місця виклику та координати розташування пожежно-

рятувального підрозділу. Далі в блоці 2 з використанням ПК здійснюється визначення можливої кількості маршрутів *A*. Це може відбуватися із використанням електронних карт місцевості та каскадного графа варіантів проїзду транспортних засобів [1] із виокремленням транспортних вузлів та дуг ВДМ. В блоці 3 відбувається визначення значень $\tau_{сл.}$ та *C* для кожного з отриманих маршрутів із множини *A* за допомогою залежностей (3), (4). Після цього у блоці 4 здійснюється визначення найменших значень параметрів за критеріями (1), (2) з низки отриманих у блоці 3. Далі в блоці 5 відбувається виведення на карту ВДМ маршруту слідування пожежного автомобіля до місця виклику з найменшими значеннями параметрів за критеріями (1), (2).

Отриманий за критерієм (1) маршрут руху пожежного автомобіля є оптимальним у разі слідування до місця пожежі, оскільки в цьому випадку одним із визначальним чинників є тривалість вільного розвитку пожежі, що напряму залежить від тривалості слідування пожежників до місця виклику. Якщо ж пожежний автомобіль рухається по завданню надання послуг чи забезпечення пожежної безпеки (футбольний матч, концерт тощо), то тут доцільно обрати маршрут за критерієм (2), бо в такому випадку витрати на проїзд будуть найменшими.

В подальшому на основі імітаційної моделі (рис. 1) необхідно створити програму для ПК із метою автоматизації визначення оптимальних маршрутів руху пожежного автомобіля до місця виклику за критеріями (1), (2). Це також дозволить заздалегідь отримувати оптимальні маршрути руху в різних напрямках та до конкретних об’єктів, які доцільно вказувати в оперативних планах пожежогасіння.

Також, у подальшому необхідно розробляти та вдосконалювати існуючі математичні моделі руху пожежного автомобіля шляхом урахування параметрів транспортних потоків та безпеки дорожнього руху.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гуліда Е. М. Зменшення тривалості вільного розвитку пожежі на основі оптимізації шляху слідування пожежних до місця її виникнення / Е.М. Гуліда // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2013. – №23. – С. 64-70.

2. Моргун О. М. Комп’ютерна система оптимізації вибору маршрутів слідування аварійно-рятувальної техніки / О.М. Моргун, Л.О. Моргун // Пожежна безпека: теорія і практика. Збірник наукових праць. – Черкаси: АПБ, 2008. – № 1.

3. Крайнюк О. І. Підходи до визначення місць дислокації та площі обслуговування підрозділів місцевої пожежної охорони / Науковий вісник УкрНДІПБ – К.: УкрНДІПБ. – 2008. – № 2 (18) – С. 180-185.

4. Кузик А.Д. Оцінювання часу слідування пожежно-рятувальних підрозділів до місця пожежі / А.Д. Кузик, С.О. Ємельяненко // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУБЖД, 2013. – №23. – С. 86-92.

5. Організація дорожнього руху / Е.В. Гаврилов, М.Ф. Дмитриченко, В.К. Доля та ін. – 452 с. Бібліогр.: с. 447-448.

6. Лобашов О. О. Практикум з дисципліни «Організація дорожнього руху»: навч. посіб. / О. О. Лобашов, О. В. Прасоленко; Харк. нац. акад. міськ. госп-ва. – Х.: ХНАМГ, 2011. – 221 с.

7. Паснак І.В. Розкриття особливостей впливу організаційних чинників на тривалість вільного розвитку пожежі / І.В. Паснак // Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць. – Львів: РВВ НЛТУ України. – 2014. – Вип. 24.3. – С. 372-377.