

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
А.В. Максимов, викладач, НУЦЗУ,  
С.В. Капральчук, курсант, НУЦЗУ*

## **РОЗРОБКА МОДЕЛІ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ АВАРІЙНО-РЯТУВАЛЬНОГО АВТОМОБІЛЮ ПРИ РЯТУВАННІ ПОСТРАЖДАЛОГО З КОЛЕКТОРУ**

(представлено д.т.н. Прохачем Е.Ю.)

Запропонована імітаційна модель оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

**Ключові слова:** мережева модель, критичний шлях, оперативне розгортання, колектор.

**Постановка проблеми.** Згідно [1], одним із основних завдань сил цивільного захисту є ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, загрози вибухів, обвалів, зсувів, затоплень, радіоактивного, хімічного забруднення та біологічного зараження, інших небезпечних проявів. Більшість із цих робіт розглянуті в нормативних документах [2, 3, 4], що регламентують діяльність ДСНС України. Але існують такі роботи, порядок та особливість виконання яких в цих документах не відображено. До таких робіт відноситься оперативне розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору, з використанням спеціального верхолазного оснащення. Для підвищення ефективності виконання оперативно-рятувальними підрозділами ДСНС України дій за призначенням необхідно розглянути проміжні роботи та взаємозв'язок між ними даного процесу, що можливо зробити лише з використанням імітаційного моделювання. Тому розробка та повний аналіз моделі оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору буде актуальною проблемою.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** В [5] наведені заходи безпеки праці у замкнених просторах. Але ці заходи орієнтовані на тих хто виконує планові роботи і не відображають особливості проведення аварійно-рятувальних робіт.

В [6] пропонується для моделювання діяльності особового складу газодимозахисної служби при роботі зі спеціальною технікою використовувати мережеві моделі. Однак в цих роботах не розглянуті

особливості рятування постраждалих з колекторів, що характеризуються навичками роботи як з засобами захисту органів дихання, пожежно-технічним оснащенням, так і з висотним обладнанням.

В [7] була запропонована та всебічно розглянута імітаційна модель оперативного розгортання особового складу автомобілю пожежного першої допомоги з установкою тринози на колодязь та спуском в нього. Але в ній не розглянуто використання спеціального висотного оснащення, яке знаходиться на аварійно-рятувальних автомобілях.

**Постановка завдання та його вирішення.** Виходячи з цього, поставлена задача побудувати імітаційну модель оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору. Для цього було вирішено використовувати мережеві моделі. Імітаційна модель представлена на рис. 1. Початком є команда старшого начальника «Постраждалого з колектора – врятувати!», закінчується модель подією «Збирання спорядження». Всі дії оперативного розгортання наведені в табл. 1.

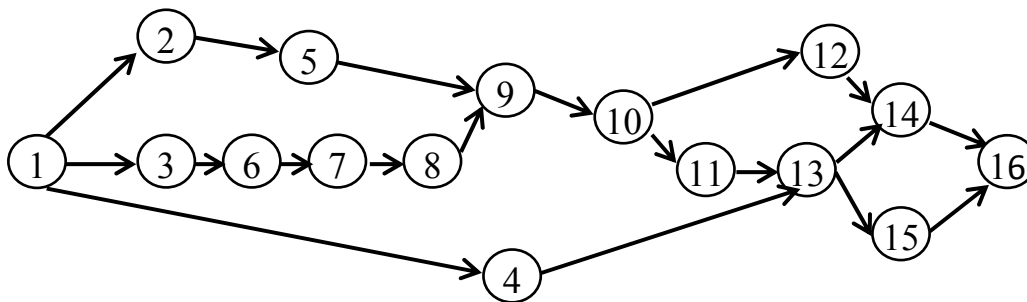


Рис. 1. Імітаційна модель оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору

Умовно дану модель можна розбити на три паралельних шляхи:

- дії першого номера оперативного розрахунку (він керує діями особового складу, закріплює рятувальні мотузки за автомобіль або конструкцію та приймає постраждалого);
- дії другого номера (він спускається в колектор та рятує постраждалого);
- дії третього номера (він організує поліспаст Мунтера).

Дослідження оперативного розгортання проводилися під час занять з пожежно-рятувальної підготовки, під час якого були встановлені мінімальні  $t_{\min i}$  та максимальні  $t_{\max i}$  значення часу виконання окремих дій.

Математичне очікування було розраховано

$$\bar{t}_i = \frac{(t_{\max i} + t_{\min i})}{2}. \quad (1)$$

**Табл. 1. Аналіз окремих дій оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору**

| № з/п | Операція | Опис операції  | $t_{\min i},$<br>с | $t_{\max i},$<br>с | $t_{\text{сер } i},$<br>с | $\sigma_i, \text{ с}$ | $\sigma^2_i, \text{ с}^2$ |
|-------|----------|--|--------------------|--------------------|---------------------------|-----------------------|---------------------------|
| 1.    | 1-2      | 1-й номер одягає спорядження   | 60                 | 100                | 80                        | 6,6                   | 44,4                      |
| 2.    | 2-5      | 1-й номер бере рятувальні мотузки та одну з них закріплює за конструкцію чи автомобіль, а другу страхувальну закріплює за себе та конструкцію (автомобіль) | 180                | 360                | 270                       | 30                    | 900                       |
| 3.    | 5-9      | 1-й номер оглядає 2-го номера  | 10                 | 30                 | 20                        | 3,3                   | 11,1                      |
| 4.    | 9-10     | 1-й номер дає команду на спуск 2-му номеру   | 2                  | 6                  | 4                         | 0,7                   | 0,4                       |
| 5.    | 10-12    | 1-й номер контролює роботу 2-го номеру в колекторі   | 120                | 300                | 210                       | 30                    | 900                       |
| 6.    | 12-14    | 1-й номер приймає потерпілого з колектора  | 30                 | 60                 | 45                        | 5                     | 25                        |
| 7.    | 1-3      | 2-й номер одягає спорядження   | 360                | 480                | 420                       | 20                    | 400                       |
| 8.    | 3-6      | 2-й номер одягає апарат  | 30                 | 60                 | 45                        | 5                     | 25                        |
| 9.    | 6-7      | 2-й номер надягає, налаштовує та включає налобний ліхтар   | 10                 | 20                 | 15                        | 1,7                   | 2,8                       |
| 10.   | 7-8      | 2-й номер закріплюється на рятувальній мотузці бере з собою, оснащення та питає у першого номера дозвіл на спуск   | 60                 | 180                | 120                       | 20                    | 400                       |
| 11.   | 8-9      | 2-й номер чекає, поки 1-й номер його перевіре  | 10                 | 30                 | 20                        | 3,3                   | 11,1                      |
| 12.   | 10-11    | 2-й номер починає спуск в колектор   | 120                | 300                | 210                       | 30                    | 900                       |
| 13.   | 11-13    | 2-й номер спустився до потерпілого, оцінив його стан, одягає рятувальну косинку закріплює на робочу мотузку і дає команду на підняття потерпілого          | 300                | 600                | 450                       | 50                    | 2500                      |
| 14.   | 13-15    | 2-й номер піднімається з колектору за допомогою жумарів  | 240                | 360                | 300                       | 20                    | 400                       |
| 15.   | 1-4      | 3-й номер бере необхідне спорядження для організації поліспасти Мунтера  | 60                 | 120                | 90                        | 10                    | 100                       |
| 16.   | 4-13     | 3-й номер організовує поліспасти Мунтера   | 60                 | 180                | 120                       | 20                    | 400                       |
| 17.   | 13-14    | 3-й номер підіймає через поліспасти Мунтера потерпілого назовні  | 60                 | 200                | 130                       | 23,3                  | 544,4                     |
| 18.   | 14-16    | 3-й номер збирає спорядження   | 600                | 720                | 660                       | 20                    | 400                       |
| 19.   | 15-16    | 1-й та 2-й номер збирають спорядження  | 600                | 720                | 660                       | 20                    | 400                       |

Враховуючи те, що для одновершинних розподілів середньоквадратичне відхилення приблизно дорівнює 1/6 інтервалу, на якому розглядається розподіл [8, 9], дана оцінка розраховується як

$$\sigma_i \approx \frac{t_{i\max} - t_{i\min}}{6} . \quad (2)$$

Використавши отримані результати, були розраховані [9] основні параметри мережної моделі (табл. 2).

**Табл. 2. Параметри мережної моделі оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору**

| Операція | $t_i, c$ | Ранній час      |                 | Пізній час      |                 | Резерв часу<br>$R, c$ |
|----------|----------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------------|
|          |          | $t_{i.p.n.}, c$ | $t_{i.p.z.}, c$ | $t_{i.p.n.}, c$ | $t_{i.p.z.}, c$ |                       |
| 1-2      | 80       | 0               | 80              | 250             | 330             | 250                   |
| 2-5      | 270      | 80              | 350             | 330             | 600             | 250                   |
| 5-9      | 20       | 600             | 620             | 600             | 620             | 0                     |
| 9-10     | 4        | 620             | 624             | 620             | 624             | 0                     |
| 10-12    | 790      | 624             | 1414            | 624             | 1414            | 0                     |
| 12-14    | 45       | 1414            | 1459            | 2199            | 2244            | 785                   |
| 1-3      | 420      | 0               | 420             | 0               | 420             | 0                     |
| 3-6      | 45       | 420             | 465             | 420             | 465             | 0                     |
| 6-7      | 15       | 465             | 480             | 465             | 480             | 0                     |
| 7-8      | 120      | 480             | 600             | 480             | 600             | 0                     |
| 8-9      | 20       | 600             | 620             | 600             | 620             | 0                     |
| 9-10     | 4        | 620             | 624             | 620             | 624             | 0                     |
| 10-11    | 210      | 624             | 834             | 624             | 834             | 0                     |
| 11-13    | 450      | 834             | 1284            | 834             | 1284            | 0                     |
| 13-15    | 300      | 1284            | 1584            | 1284            | 1584            | 0                     |
| 15-16    | 660      | 1584            | 2244            | 1584            | 2244            | 0                     |
| 1-4      | 90       | 0               | 90              | 1074            | 1164            | 1074                  |
| 4-13     | 120      | 90              | 210             | 1164            | 1284            | 1074                  |
| 13-14    | 130      | 1284            | 1414            | 1284            | 1414            | 0                     |
| 14-16    | 660      | 1414            | 2074            | 1584            | 2244            | 170                   |

Для визначення критичного шляху імітаційної моделі були розраховані значення математичного очікування (3) та дисперсії (4) критичного шляху

$$\bar{t}(L_{кр}) = \sum \bar{t}_{i_{кр}} = 2244 \text{ c}, \quad (3)$$

де  $\bar{t}_{i_{кр}}$  – математичне очікування  $i$ -ї операції критичного шляху, с.

$$\sigma^2(L_{кр}) = \sum \sigma_i^2 = 5039,3 \text{ c}^2, \quad (4)$$

де  $\sigma_i^2$  – дисперсія  $i$ -ї операції критичного шляху.

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнюватися  $\sigma(L_{кр}) = 71 \text{ c}$ .

Критичним в імітаційній моделі оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору буде другий шлях – дії другого номера, тобто на ньому буде найбільша затримка часу. Тому для підвищення ефективності

розглянутого оперативного розгортання необхідно по-перше другим номером ставити найбільш підготовленого рятувальника, який вдосконало вміє працювати з засобами захисту органів дихання та з індивідуальними страхувальними системами; по-друге номеру один та номеру три максимально допомагати першому номеру виконувати його дії.

**Висновки.** Запропонована імітаційна модель оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при ятуванні постраждалого з колектору повністю відображає даний процес. Проведені дослідження критичного шляху дозволили надати рекомендації по підвищенню ефективності оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору. Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка нормативів для оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс.: за станом на 01 липня 2013 р. – К.: Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2013. – 82 с.

2. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України : Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011р.: М-во надзв. сит. України, 2011. – 56 с.

3. Статуту дій у надзвичайних ситуаціях органів управління та підрозділів Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту: Наказ МНС України № 575 від 13 березня 2012 р.: М-во надзв. сит. України, 2012. – 178 с.

4. Правила безпеки праці в органах і підрозділах МНС України: Наказ МНС України № 312 від 7 травня 2007 р.: М-во надзв. сит. України, 2007. – 248 с.

5. Типова інструкція з організації безпечного ведення газонебезпечних робіт: НПАОП 0.00-5.11-85. – [Чинний від 1985-12-20]. – К.: Держгіртехнагляд СРСР, 1985. – 21 с.

6. Ковальов П.А. Моделювання діяльності особового складу газодимозахисної служби при роботі зі спеціальною технікою / П.А. Ковальов, В.Н. Чучковский // Актуальні проблеми філософії, науки і сучасних технологій: Вісник ХДУ. – 1997.– Х.: – С. 268-272.

7. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання оперативного розгортання особового складу автомобілю пожежного першої допомоги установкою триноги на колодязь та спуском в нього [Електронний ресурс] / П.Ю. Бородич, П.А. Ковальов, І.О. Поляков // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – Вип. 20. – Харків: НУЦЗУ. – 2014. – С. 28-32. Режим доступу: <http://nuczu.edu.ua/>

sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol20/borodich.pdf.

8. Стрелец В.М. Экспертные оценки профессионально важных качеств пожарных / В.М. Стрелец, Д.Ю.Каскевич // Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. тр. Вып. 5. – Харьков: ХИПБ, 1999. – С.183-185.

9. Экспертные системы: состояние и перспективы: Сб. науч. тр. // АН СССР, Ин-т проблем передачи информации: Отв. ред. Д.А. Поспелов. – М.: Наука, 1989. – 152 с.

*Отримано редколлегією 10.03.2017*

П.Ю. Бородич, А.В. Максимов, С.В. Капральчук

**Разработка модели оперативного развертывания личного состава аварийно-спасательного автомобиля при спасении пострадавшего с коллектора**

Предложенная имитационная модель оперативного развертывания личного состава аварийно-спасательного автомобиля при спасении пострадавшего с коллектора. Проведен ее анализ и определен критический путь. Даны рекомендации по повышению эффективности данного процесса.

**Ключевые слова:** сетевая модель, критический путь, оперативное развертывание, коллектор.

P.Yu. Borodich, F.V. Maksimov, S.V. Kapralchuk

**Development of a model for the rapid deployment of personnel of a rescue vehicle in the rescue of the victim from the reservoir**

The proposed simulation model of the operational deployment of the rescue vehicle in the rescue of the victim from the reservoir. It is analyzed and a critical path is determined. Recommendations are given to improve the effectiveness of this process.

**Keywords:** network model, critical path, operational deployment, collector.