

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,  
П.А. Ковальов, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ,  
І.О. Поляков, к.психол.н., с.н.с., доцент кафедри, НУЦЗУ*

## **ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ОСОБОВОГО СКЛАДУ АВТОМОБІЛЮ ПОЖЕЖНОГО ПЕРШОЇ ДОПОМОГИ УСТАНОВКОЮ ТРИНОГИ НА КОЛОДЯЗЬ ТА СПУСКОМ В НЬОГО**

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

Запропонована імітаційна модель оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

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

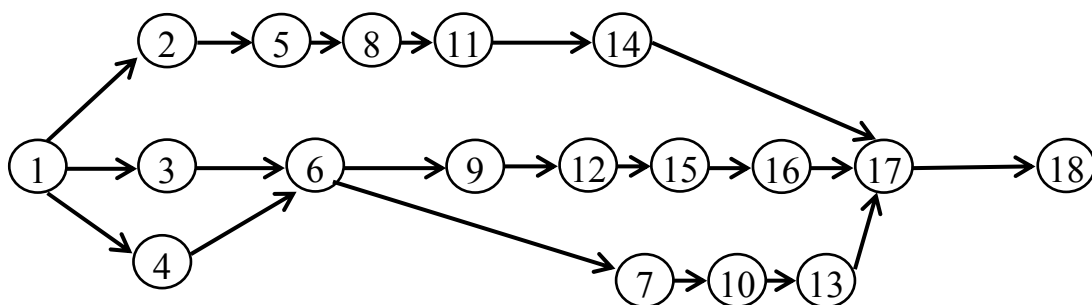
**Постановка проблеми.** Згідно [1], одним із основних завдань сил цивільного захисту є ліквідація наслідків надзвичайних ситуацій в умовах екстремальних температур, задимленості, загазованості, загрози вибухів, обвалів, зсувів, затоплень, радіоактивного, хімічного забруднення та біологічного зараження, 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 автомобіля першої допомоги (АППД) з установкою триноги на колодязь та спуском в нього. Це завдання виконує оперативний розрахунок у складі трьох чоловік [5]: перший номер – спускається в колодязь, другий номер – спускає першого номера, третій номер – страхує першого номера. Для підвищення ефективності виконання даної оперативної роботи необхідно розглянути проміжні роботи та взаємозв'язок між ними. Це можливо зробити з використанням імітаційного моделювання.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій** показав, що 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 [6,7] 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 колодязів, що характеризуються

навичками роботи як з засобами захисту органів дихання, пожежно-технічним оснащенням, так і з висотним обладнанням.

**Постановка завдання та його вирішення.** Виходячи з цього, поставлена задача побудувати імітаційну модель оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього. Для цього було вирішено використовувати мережеві моделі. Імітаційна модель представлена на рис. 1.



**Рис. 1.** Імітаційна модель оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього

Початком є команда старшого начальника «В колодязь по тринозі – руш», закінчується модель подією «Спуск рятувальника в колодязь». Всі дії оперативного розгортання наведені в табл. 1.

Умовно дану модель можна розбити на три паралельних шляхи:

- дії першого номера оперативного розрахунку (він в засобі захисту органів дихання та в індивідуальній страхувальній системі спускається в колодязь);
- дії другого номера (він встановлює триногу на колодязь та спускає першого номера);
- дії третього номера (він допомагає першому номеру та страхує його при спуску).

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

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

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

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

**Табл. 1. Аналіз окремих дій оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього**

№ з/п	Операція	Опис операції	$t_{\min i, c}$	$t_{\max i, c}$	$t_{\text{ср } i, c}$	$\sigma_i, c$	$\sigma^2_{i, c^2}$
1.	1-3	1 номер одягає систему	20	40	30	3,3	10,9
2.	3-6	1 номер одягає ЗІЗОД	20	40	30	3,3	10,9
3.	6-9	1 номер виконує оперативну перевірку ЗІЗОД та включається в нього	30	60	45	5,0	25
4.	9-12	1 номер надягає, налаштовує та включає налобний ліхтар	3	8	5,5	0,8	0,64
5.	12-15	1 номер рухається до колодязя	7	20	13,5	2,2	4,8
6.	15-16	1 номер бере косинку та каску для постраждалого	15	30	22,5	2,5	6,25
7.	16-17	1 номер доповідає про готовність до спуску та питає дозвіл на спуск	1	5	3	0,7	0,49
8.	17-18	1 номер спускається у колодязь 2 номер спускає 1-го номера по лебідці 3 номер слідкує за станом 1-го номера 3 номер страхує 1-го номера	40	80	60	6,7	44,9
9.	1-2	2 номер одягає систему	20	40	30	3,3	10,9
10.	2-5	2 номер знімає триногу з пожежно-рятувального автомобіля	10	20	15	1,7	2,9
11.	5-8	2 номер переносить триногу до місця встановлення	7	20	13,5	2,2	4,8
12.	8-11	2 номер знімає кришку люка	5	15	10	1,7	2,9
13.	11-14	2 номер встановлює триногу на люк	20	60	40	6,7	44,9
14.	14-17	2 номер переключає лебідку на режим спуску	3	10	6,5	1,2	1,4
15.	1-4	3 номер одягає систему	20	40	30	3,3	10,9
16.	4-6	3 номер допомагає 1-му номеру одягти ЗІЗОД			30	3,3	10,9
17.	6-7	3 номер рухається до колодязя з каскою та системою для постраждалого	7	20	13,5	2,2	4,8
18.	7-10	3 номер приєднує страхувальну систему на 1-го номер	30	50	40	3,3	10,9
19.	10-13	3 номер оглядає 1-го номера	5	10	7,5	0,8	0,6
20.	13-17	3 номер дає команду на спуск 1-му номеру	1	5	3	0,7	0,49

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

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

$$\bar{t}(L_{\text{кр}}) = \sum \bar{t}_{i_{\text{кр}}} = 209,5 \text{ с}, \quad (3)$$

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

**Табл. 2. Параметри мережної моделі оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього**

Операція	$t_i, c$	Ранній час		Пізній час		Резерв часу $R, c$
		$t_{i.p.p.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	$t_{i.p.p.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	
1-3	30	0	30	0	30	0
3-6	30	30	60	30	60	0
6-9	45	60	105	60	105	0
9-12	5,5	105	110,5	105	110,5	0
12-15	13,5	110,5	124	110,5	124	0
15-16	22,5	124	146,5	124	146,5	0
16-17	3	146,5	149,5	146,5	149,5	0
18-19	60	149,5	209,5	149,5	209,5	0
1-2	30	0	30	34,5	64,5	30
2-5	15	30	45	64,5	79,5	15
5-8	13,5	45	58,5	79,5	93	13,5
8-11	10	58,5	68,5	93	103	10
11-14	40	68,5	108,5	103	143	40
14-16	6,5	108,5	115	143	149,5	6,5
1-4	30	0	30	29,5	59,5	30
4-6	30	30	60	59,5	85,5	30
6-7	13,5	60	73,5	85,5	99	13,5
7-10	40	73,5	113,5	99	139	40
10-13	7,5	113,5	121	139	146,5	7,5
13-17	3	121	124	146,5	149,5	3

$$\sigma^2(L_{кр}) = \sum \sigma_i^2 = 92,98 c^2, \quad (4)$$

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

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнюватися  $\sigma(L_{кр}) = 9,6 c$ .

Критичним в імітаційній моделі оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього буде перший шлях – дії першого номера, тобто на ньому буде найбільша затримка часу. Тому для підвищення ефективності розглянутого оперативного розгортання необхідно по-перше першим номером ставити найбільш підготовленого рятувальника, який досконало вміє працювати з засобами захисту органів дихання та з індивідуальними страхувальними системами; по-друге номеру два та номеру три максимально допомагати першому номеру виконувати його дії.

**Висновки.** Запропонована імітаційна модель оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього повністю відображає даний процес.

Проведені дослідження критичного шляху дозволили надати рекомендації по підвищенню ефективності оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього.

*Перспективним напрямком подальших досліджень є розробка нормативів для оперативного розгортання особового складу АППД з установкою триноги на колодязь та спуском в нього.*

## 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. – (Бібліотека офіційних видань).
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. – (Нормативний документ МНС України. Настанова).
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. – (Нормативний документ МНС України. Статут).
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. – (Нормативний документ МНС України. Правила).
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. – (Національні стандарти України).
6. Ковальов П.А. Моделирование діяльності особового складу газодимозащитной служби при роботі зі спеціальною технікою / П.А. Ковальов, В.Н. Чучковский // Актуальні проблеми філософії, науки і сучасних технологій : Вісник ХДУ. –1997.– X – С. 268-272.
7. Ковалев П.А. Обоснование способов совершенствования деятельности газодимозащитников: дис. канд. техн. наук: 21.06.02 / Ковалев Павел Анатольевич. – Х., 1997. –153 с.
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.

П.Ю. Бородич, П.А. Ковалев, І.А. Поляков

**Имитационное моделирование оперативного развертывания личного состава АППП с установкой треноги на колодезь и спуском в него**

Предложена имитационная модель оперативного развертывания личного состава АППП с установкой треноги на колодезь и спуском в него. Проведен ее анализ и определен критический путь. Даны рекомендации по повышению эффективности данного процесса.

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

P.Yu. Borodich, P.A. Kovalov, I.A. Poljakov

**Simulation modeling of the rapid deployment of personnel APPP with the tripod installation on the well and the descent**

It is proposed the simulation model of the rapid deployment of personnel CFFA with the installation of the tripod on the well and the descent into it. It is conducted the analysis and determined the critical path. Recommendations to improve the efficiency of the process are offered.

**Keywords:** network model, critical path, rapid deployment, tripod, well.