

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
Р.В. Пономаренко, к.т.н., с.н.с., заст. нач. каф., НУЦЗУ,
П.А. Ковальов, к.т.н., доцент, нач. каф., НУЦЗУ*

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РЯТУВАННЯ ПОСТРАЖДАЛОГО З ПРИМІЩЕННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ НОШ РЯТУВАЛЬНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ

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

Запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

Ключові слова: мережева модель, критичний шлях, ноші рятувальні вогнезахисні.

Постановка проблеми. На сьогоднішній день на території України постійно існує висока імовірність виникнення пожеж [1], причому більшість з них виникає в житловому секторі, що в свою чергу провокує появу великої кількості постраждалих. Згідно [2], одним з основних завдань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРСЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) є рятування людей в умовах виникнення надзвичайних ситуацій. В умовах пожежі цей процес ускладнюється наявністю небезпечних факторів (підвищеної температури, задимленості, загазованості та інше). Особливість цього процесу розглянута в нормативних документах [3, 4, 5], що регламентують діяльність ДСНС України. Але в жодному з них не розкрито питання щодо використання засобів рятування людей в умовах впливу високих температур. Тому дослідження процесу рятування постраждалого на пожежі, з використанням нош рятувальних вогнезахисних є актуальною задачею, яку можна вирішити використовуючи математичне моделювання.

Аналіз останніх досліджень і публікацій показав, що [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 використанням нош рятувальних вогнезахисних.

В [8] було розглянуто деякі питання, щодо можливості використання для рятування людей в умовах впливу високих температур теплоізоляційної накидки, яку можливо використовувати в комплексі з засобами рятування людей при евакуації потерпілого з вогнища пожежі.

Зокрема було побудовано математичну модель для розрахунку захисної дії теплоізоляційної накидки, призначеної для захисту тіла потерпілого. Але в цій роботі не було розглянуто рятування постраждалого з приміщення поетапно.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з цього, поставлена задача побудувати імітаційну модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою нош рятувальних вогнезахисних (НРВ-1). Для цього було вирішено використовувати мережеві моделі. Імітаційна модель представлена на рисунку 1. Початком є команда старшого начальника «Відділення, до рятування постраждалого за допомогою нош рятувальних вогнезахисних приступити!», закінчується модель подією «Ланка ГДЗС встановлюють НРВ-1 з постраждалим в безпечному місті». Всі дії даного процесу наведені в табл. 1.

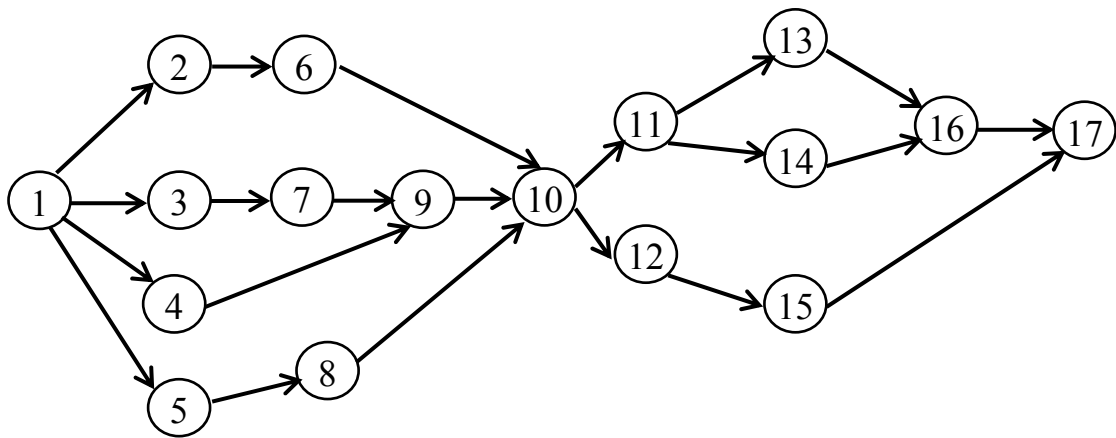


Рис. 1. Імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1

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

Математичне очікування було розраховано

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

Табл. 1. Аналіз окремих дій оперативного розрахунку при рятуванні постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1

№ з/п	Операція	Опис операції	$t_{\min i},$ с	$t_{\max i},$ с	$t_{\text{ср } i},$ с	$\sigma_i,$ с	$\sigma_i^2,$ с ²
1	2	3	4	5	6	7	8
1.	1-2	Рятувальник №1 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4

1	2	3	4	5	6	7	8
2.	1-3	Рятувальник №2 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4
3.	1-4	Рятувальник №3 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4
4.	1-5	Рятувальник №4 встановлює пост безпеки	40	80	60	6,7	44,4
5.	2-6	Рятувальник №1 бере засоби освітлення, зв'язку та необхідне пожежно-технічне обладнання	15	35	25	3,3	11,1
6.	3-7	Рятувальник №2 від'єднує НРВ-1 на пожежно-рятувальному автомобілі	10	20	15	1,7	2,8
7.	7-9	Рятувальник №2 знімає НРВ-1 з пожежно-рятувального автомобіля	15	30	22,5	2,5	6,3
8.	5-8	Рятувальник №4 проводить розрахунки часу перебування газодимозахисників в непридатному для дихання середовищі та готує зв'язку	15	30	22,5	2,5	6,3
9.	4-9	Рятувальник №3 допомагає рятувальнику №2 зняти НРВ-1 з пожежно-рятувального автомобіля	15	30	22,5	2,5	6,3
10.	6-10	Рятувальник №1 займає місце командира ланки	3	10	6,5	1,2	1,4
11.	9-10	Рятувальник №2 та рятувальник №3 переносять НРВ-1 та займають місце в ланці ГДЗС	3	10	6,5	1,2	1,4
12.	8-10	Рятувальник №4 з'єднує ланку ГДЗС зв'язкою	15	40	27,5	4,2	17,4
13.	10-11	Ланка ГДЗС проводять розвідку з пошуком постраждалого	180	600	390	70	4900
14.	10-12	Рятувальник № 4 займає місце на посту безпеки	3	10	6,5	1,2	1,4
15.	11-13	Командир ланки доповідає постовому на посту безпеки про знайденого постраждалого	10	40	25	5	25
16.	11-14	Рятувальник №2 та рятувальник №3 укладають постраждалого на НРВ-1	40	120	80	13,3	177,8
17.	12-15	Постовий на посту безпеки веде радіообмін з командиром ланки та записує дані в Журнал обліку роботи ланок ГДЗС	15	50	32,5	5,8	34,0
18.	13-16	Рятувальник №1 у складі ланки рухається на вихід	120	500	310	63,3	4011,1
19.	14-16	Рятувальник №2 та рятувальник №3 у складі ланки виносять постраждалого на НРВ-1 на свіже повітря	120	500	310	63,3	4011,1
20.	16-17	Ланка ГДЗС встановлюють НРВ-1 з постраждалим в безпечному місті	5	20	12,5	2,5	6,3
21.	15-17	Рятувальник №4 надає допомогу встановити НРВ-1 з постраждалим в небезпечному місті	5	20	12,5	2,5	6,3

Враховуючи те, що для одновершинних розподілів середньоквадратичне відхилення приблизно дорівнює 1/6 інтервалу, на якому розглядається розподіл [9, 10], дана оцінка розраховується як

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

Використавши отримані результати, були розраховані [10] основні параметри мережевої моделі (табл. 2).

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

Табл. 2. Параметри мережевої моделі рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1

Операція	t _i , с	Ранній час		Пізній час		Резерв часу R, с
		t _{i р.п.} , с	t _{i р.з.} , с	t _{i п.п.} , с	t _{i п.з.} , с	
1-3	75	0	75	0	75	0
3-7	15	75	90	75	90	0
7-9	22,5	90	112,5	90	112,5	0
9-10	6,5	112,5	119	112,5	119	0
10-11	390	119	509	119	509	0
11-14	80	509	589	509	589	0
14-16	310	589	899	589	899	0
16-17	12,5	899	911,5	899	911,5	0
1-4	75	0	75	15	90	15
4-9	22,5	90	112,5	90	112,5	0
9-10	6,5	112,5	119	112,5	119	0
10-11	390	119	509	119	509	0
11-14	80	509	589	509	589	0
14-16	310	589	899	589	899	0
16-17	12,5	899	911,5	899	911,5	0
1-2	75	0	75	12,5	87,5	12,5
2-6	25	75	100	87,5	112,5	12,5
6-10	6,5	100	106,5	112,5	119	12,5
10-11	390	119	509	119	509	0
11-13	25	509	534	564	589	55
13-16	310	589	899	589	899	0
16-17	12,5	899	911,5	899	911,5	0
1-5	60	0	60	9	69	9
5-8	22,5	60	82,5	69	91,5	9
8-10	27,5	82,5	110	91,5	119	9
10-12	6,5	119	125,5	860	866,5	741
12-15	32,5	125,5	158	866,5	899	741
15-17	12,5	899	911,5	899	911,5	0

$$\bar{t}(L_{\text{кр}}) = \sum \bar{t}_{i_{\text{кр}}} = 911,5 \text{ с}, \quad (3)$$

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

$$\sigma^2(L_{\text{кр}}) = \sum \sigma_i^2 = 9175,1 \text{ с}^2, \quad (4)$$

де σ_i^2 – дисперсія i -ї операції критичного шляху.

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнюватися $\sigma(L_{\text{кр}}) = 95,8 \text{ с}$.

Критичним в імітаційній моделі рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1 є шлях дій другого номера, тобто на ньому буде найбільша затримка часу. Тому для підвищення ефективності розглянутого процесу необхідно по-перше другим номером ставити найбільш підготовленого рятувальника, який вдосконально вміє працювати з засобами захисту органів дихання та з НРВ-1; по-друге номеру один та номеру три максимально допомагати другому номеру виконувати його дії.

Висновки:

- запропонована імітаційна модель рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1 повністю відображає даний процес;
- проведені дослідження критичного шляху дозволили надати рекомендації по підвищенню ефективності рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1;
- перспективним напрямком подальших досліджень є розробка нормативів для рятування постраждалого з приміщення за допомогою НРВ-1.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2014 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. Офіц. вид. К.: ДСНС України, 2015. – 365 с.
2. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс: станом на 01 липня 2013 р. – К.: Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. вид-во, 2013. – 82 с.
3. Настанова з організації газодимозахисної служби в підрозділах Оперативно-рятувальної служби МНС України: Наказ МНС України № 1342 від 16 грудня 2011 р.: М-во надзв. сит. України, 2011. – 56 с.
4. 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.

5. 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.

6. Ковальов П.А. Моделювання діяльності особового складу газодимозащитної служби при роботі зі спеціальною технікою / П.А. Ковальов, В.Н. Чучковский // Актуальні проблеми філософії, науки і сучасних технологій: Вісник ХДУ. – Х., 1997. – 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. Шаршанов А.Я. Создание условий для защиты пострадавшего от опасных факторов пожара / А.Я. Шаршанов, Р.В. Пономаренко, И.А. Поляков // Проблемы пожарной безопасности. Сб. науч. тр. НУГЗ Украины. – Вып. 36. – Харьков: НУГЗУ, 2013. – С. 272-278.

9. 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.

10. 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, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковалев

Имитационное моделирование спасения пострадавшего с помещения с использованием носилок спасательных огнезащитных

Предложенная имитационная модель спасения пострадавшего с помещения с использованием носилок спасательных огнезащитных. Проведен ее анализ и определен критический путь. Даны рекомендации по повышению эффективности данного процесса.

Ключевые слова: сетевая модель, критический путь, носилки спасательные огнезащитные.

P.Yu. Borodich, R.V. Ponomarenko, P.A. Kovalov

Simulation rescue the victim from the premises using a rescue stretcher flame retardants

The proposed simulation model to rescue the affected areas using a rescue stretcher flame retardants. An analysis and determined the critical path. Recommendations to improve the efficiency of the process.

Keywords: network model, critical path, rescue stretcher flame retardants.