

*П.Ю. Бородич, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
А.А. Лісняк, к.т.н., доцент, НУЦЗУ,
С.С. Агашков, курсант, НУЦЗУ*

ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ ОПЕРАТИВНОГО РОЗГОРТАННЯ ТА ВСТАНОВЛЕННЯ БАНДАЖІВ НА ЄМНОСТІ ЗА ДОПОМОГОЮ ПНЕВМОІНСТРУМЕНТА

(представлено д.т.н. Чубом І.А.)

Запропонована імітаційна модель оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту. Проведено її аналіз та визначено критичний шлях. Надані рекомендації по підвищенню ефективності даного процесу.

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

Постановка проблеми. На сьогоднішній день на території України постійно існує висока імовірність виникнення надзвичайних ситуацій [1], причому найбільш небезпечними є аварії на об'єктах хімічної промисловості, тому, що вони можуть супроводжуватися зараженням території, техніки, людей. Згідно [2], одним з основних завдань Оперативно-рятувальної служби цивільного захисту (ОРСЦЗ) Державної служби України з надзвичайних ситуацій (ДСНС України) є ліквідація, як самої надзвичайної ситуації, так і її наслідків. Особливість цього процесу розглянута в нормативних документах [3, 4, 5], що регламентують діяльність ДСНС України. Але в жодному з них не розкриті питання підвищення ефективності виконання дій за призначенням особовим складом ОРСЦЗ. Для чого 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 та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту буде актуальною проблемою.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Що [6, 7, 8] пропонується для дослідження діяльності особового складу ОРСЦЗ ДСНС України використовувати мережеві моделі. Однак в цих роботах розглядаються лише питання рятування постраждалих і не розглянуті особливості ліквідації аварії викидом небезпечних речовин.

Постановка завдання та його вирішення. Виходячи з цього, поставлена задача побудувати імітаційну модель оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту. Для цього було вирішено використовувати мережеві моделі. Імітаційна

модель представлена на рисунку 1. Початком є команда старшого начальника «До встановлення бандажу приступити!», закінчується модель подією «Доповідь про виконання завдання». Всі дії даного процесу наведені в табл. 1.

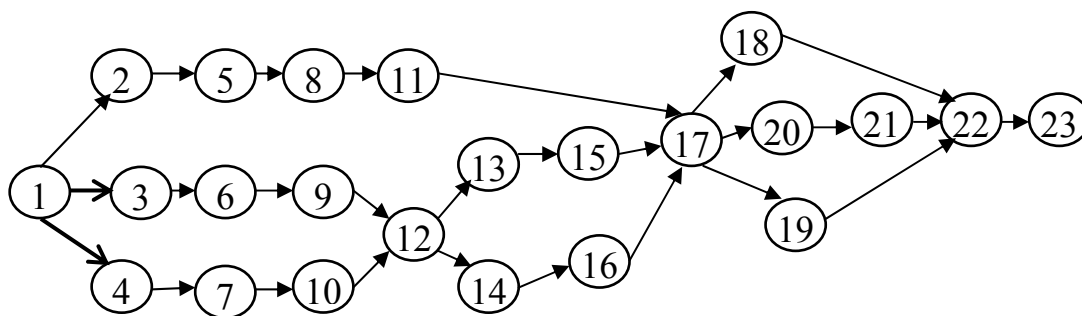


Рис. 1. Імітаційна модель оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту

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

Математичне очікування було розраховано

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

Табл. 1. Аналіз окремих дій оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту

№ з/п	Операція	Опис операції	$t_{\min i, c}$	$t_{\max i, c}$	$t_{\text{сеп } i, c}$	$\sigma_{i, c}$	$\sigma_{i, c}^2$
1.	1-2	Рятувальник №1 одягає захисний дихальний апарат, виконує оперативну перевірку та включається в нього	50	100	75	8,3	69,4
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.	2-5	Рятувальник №1 бере пневматичну подушку у чохла	10	20	15	1,7	2,8
5.	3-6	Рятувальник №2 бере балон з повітрям та шлангами	20	30	25	1,7	2,8
6.	4-7	Рятувальник №3 бере два ремені	10	20	15	1,7	2,8
7.	5-8	Рятувальник №1 підходить до місця пробоїни в цистерні	60	180	120	20,0	400,0

Продовження табл. 1.

8.	6-9	Рятувальник №2 підходить до місця пробоїни в цистерні	60	180	120	20,0	400,0
9.	7-10	Рятувальник №3 підходить до цистерни з тильної сторони до пробоїни	60	190	125	21,7	469,4
10.	8-11	Рятувальник №1 приставляє подушку поруч з пробоїною	10	20	15	1,7	2,8
11.	9-12	Рятувальник №2 кладе балон біля цистерни	10	30	20	3,3	11,1
12.	10-12	Рятувальник №3 перекидає ремені через ємність	20	30	25	1,7	2,8
13.	12-13	Рятувальник №2 просовує ремені в чохла та перекидає їх під ємністю	30	60	45	5,0	25,0
14.	12-14	Рятувальник №3 приймає ремені від рятувальника №2	20	40	30	3,3	11,1
15.	14-16	Рятувальник №3 заводить ремені в «стяжку-трещотку»	20	40	30	3,3	11,1
16.	11-17	Рятувальник №1 пересуває подушку на пробоїну	10	20	15	1,7	2,8
17.	13-15	Рятувальник №2 приєднує шланг від балона до подушки	20	40	30	3,3	11,1
18.	16-17	Рятувальник №3 затягує ремені «стяжкою-трещоткою»	15	25	20	1,7	2,8
19.	15-17	Рятувальник №2 повертається до балона	5	15	10	1,7	2,8
20.	17-20	Рятувальник №2 відкриває балон та надуває подушку	10	50	30	6,7	44,4
21.	17-18	Рятувальник №1 слідкує а тим, як рятувальник №2 надуває балон	10	50	30	6,7	44,4
22.	17-19	Рятувальник №3 слідкує а тим, як рятувальник №2 надуває балон	10	50	30	6,7	44,4
23.	20-21	Рятувальник №2 закриває балон	5	10	7,5	0,8	0,7
24.	18-22	Рятувальник №1 шикуються в шеренгу	10	30	20	3,3	11,1
25.	21-22	Рятувальник №2 шикуються в шеренгу	10	30	20	3,3	11,1
26.	19-22	Рятувальник №3 шикуються в шеренгу	10	30	20	3,3	11,1
27.	22-23	Доповідь про виконання завдання	5	15	10	1,7	2,8

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, c	Ранній час		Пізній час		Резерв часу R, c
		$t_{i.p.n.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	$t_{i.p.n.}, c$	$t_{i.p.z.}, c$	
1-3	75	0	75	0	75	0
3-6	25	75	100	75	100	0
6-9	120	100	220	100	220	0
9-12	20	220	240	220	240	0
12-13	45	235	280	235	280	0
13-15	30	280	310	280	310	0
15-17	10	310	320	310	320	0
17-20	30	320	350	320	350	0
20-21	7,5	350	357,5	350	357,5	0
21-22	20	357,5	377,5	357,5	377,5	0
22-23	10	377,5	387,5	377,5	387,5	0
1-2	75	0	75	80	155	80
2-5	15	75	90	155	170	80
5-8	120	90	210	170	290	80
8-11	15	210	225	290	305	80
11-17	15	225	240	305	320	80
17-18	30	320	350	320	350	0
18-22	20	350	370	357,5	377,5	7,5
1-4	75	0	75	0	75	0
4-7	15	75	90	75	90	55
7-10	125	90	215	90	215	0
10-12	25	215	240	215	240	0
12-14	30	240	270	240	270	0
14-16	30	270	300	270	300	0
16-17	20	300	320	300	320	0
17-19	30	320	350	327,5	357,5	7,5
19-22	20	350	370	357,5	377,5	7,5

$$\bar{t}(L_{кр}) = \sum \bar{t}_{i_{кр}} = 387,5 c, \quad (3)$$

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

$$\sigma^2(L_{кр}) = \sum \sigma_i^2 = 581,2 c^2, \quad (4)$$

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

Тоді середньоквадратичне відхилення критичного шляху буде дорівнюватися $\sigma(L_{кр}) = 24,1 c$.

Критичним в імітаційній моделі оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту 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 пневмооснащенням, але час затримки третього номера не значний, тобто номеру один необхідно максимально допомагати іншим номерам виконувати їх дії.

Висновки. Запропонована імітаційна модель оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту повністю відображає даний процес. Проведені дослідження критичного шляху, які дозволили надати рекомендації по підвищенню ефективності оперативного розгортання та встановлення бандажів на ємності за допомогою пневмоінструменту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Національна доповідь про стан техногенної та природної безпеки в Україні у 2016 році / Державна служба України з надзвичайних ситуацій. – Офіц. вид. – К.: ДСНС України, 2017. – 365 с.

2. Кодекс цивільного захисту України: Кодекс.: за станом на 01 липня 2013 р. – К.: Верховна Рада України. – Офіц. вид. – К.: Парлам. видво, 2013. – 82 с. – (Бібліотека офіційних видань).

3. 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).

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. – (Нормативний документ МНС України. Статут).

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. – (Нормативний документ МНС України. Правила)

6. 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>.

7. Бородич П.Ю. Імітаційне моделювання рятування постраждалого з приміщення з використанням нош рятувальних вогнезахисних [Еле-

ктронний ресурс] / П.Ю. Бородич, Р.В. Пономаренко, П.А. Ковальов // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – Вип. 22. – Харків: НУЦЗУ, 2015. – С. 8-13. – <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Borodich.pdf>.

8. Бородич П.Ю. Розробка моделі оперативного розгортання особового складу аварійно-рятувального автомобілю при рятуванні постраждалого з колектору [Електронний ресурс] / П.Ю. Бородич, А.В. Максимов, С.В. Копральчук // Проблеми надзвичайних ситуацій. Зб. наук. пр. НУЦЗ України. – вип. 25. – Харків: НУЦЗУ, 2017. – С. 8-13. – <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfEmergencies/vol22/Borodich.pdf>.

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.

Отримано редколегією 21.09.2017

П.Ю. Бородич, А.А. Лисняк, С.С. Агашков

Имитационное моделирование оперативного развертывания и установки бандажей на емкости с помощью пневмоинструмента

Предложена имитационная модель оперативного развертывания и установки бандажей на емкости с помощью пневмоинструмента. Проведен ее анализ и определены критический путь. Даны рекомендации по повышению эффективности данного процесса.

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

P.Yu. Borodich, A.A. Lisnyak, S.S. Agashkov

Simulation modeling of operative deployment and installation of bandages on tanks using pneumatic tools

A simulation model of the operative deployment and installation of bandages on tanks with the help of a pneumatic tool is proposed. Its analysis has been carried out and a critical path has been determined. Recommendations are given to improve the effectiveness of this process.

Keywords: network model, critical path, rapid deployment.